

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

第二名

080507

地質改良樁在砂質地層中穩定學校教室

學校名稱：臺南市東區東光國民小學

作者：	指導老師：
小六 王翊帆	王雅麗
小五 邱梵熙	謝溫仁
小六 杜彥柏	

關鍵詞：地質改良樁、地震、模擬房屋

摘要

開學時，學校拆除前面的危樓，在地面上挖出一條深約 1.5m 的大溝槽，可以清楚的看見學校地層是一層一層粗細不同的泥砂，在下大雨時，還可以看見地下水的流出。所以我們在塑膠盆底部插入不同數量的木條，模擬地質改良樁做地震的測試，結果塑膠盆裡的泥砂會受到木條的數量影響而下滑；也在泥砂上，模擬木條房屋，在地震後產生不同角度的傾斜和不同深度的下陷。最後，我們利用大型塑膠盆、厚木板和裝入混泥土的塑膠管做成模擬地質改良樁放入泥砂，在上面放置不同規格的模擬房屋做模擬地層的實驗，發現模擬地質改良樁的數量、長短、疏密、地層搖晃的時間，都會影響房屋的下陷、傾斜和倒塌。

壹、研究動機

暑假時，學校拆除危險教室，從挖出的溝槽中有地下水流出來。老師說：「如果發生地震就會有更多的地下水流出來，地層也會慢慢的下陷。」

我們很好奇的問老師：「地下水流出來和地層下陷有相關嗎？」老師說：「鄰近的學校蓋大樓，在地層間每隔一公尺有一根「地質改良樁，就是為了穩固地基地層的工程」。所以在這次的科展，我們決定研究：「地質改良樁在砂質地層中，能穩定教室的安全嗎？」

貳、研究目的

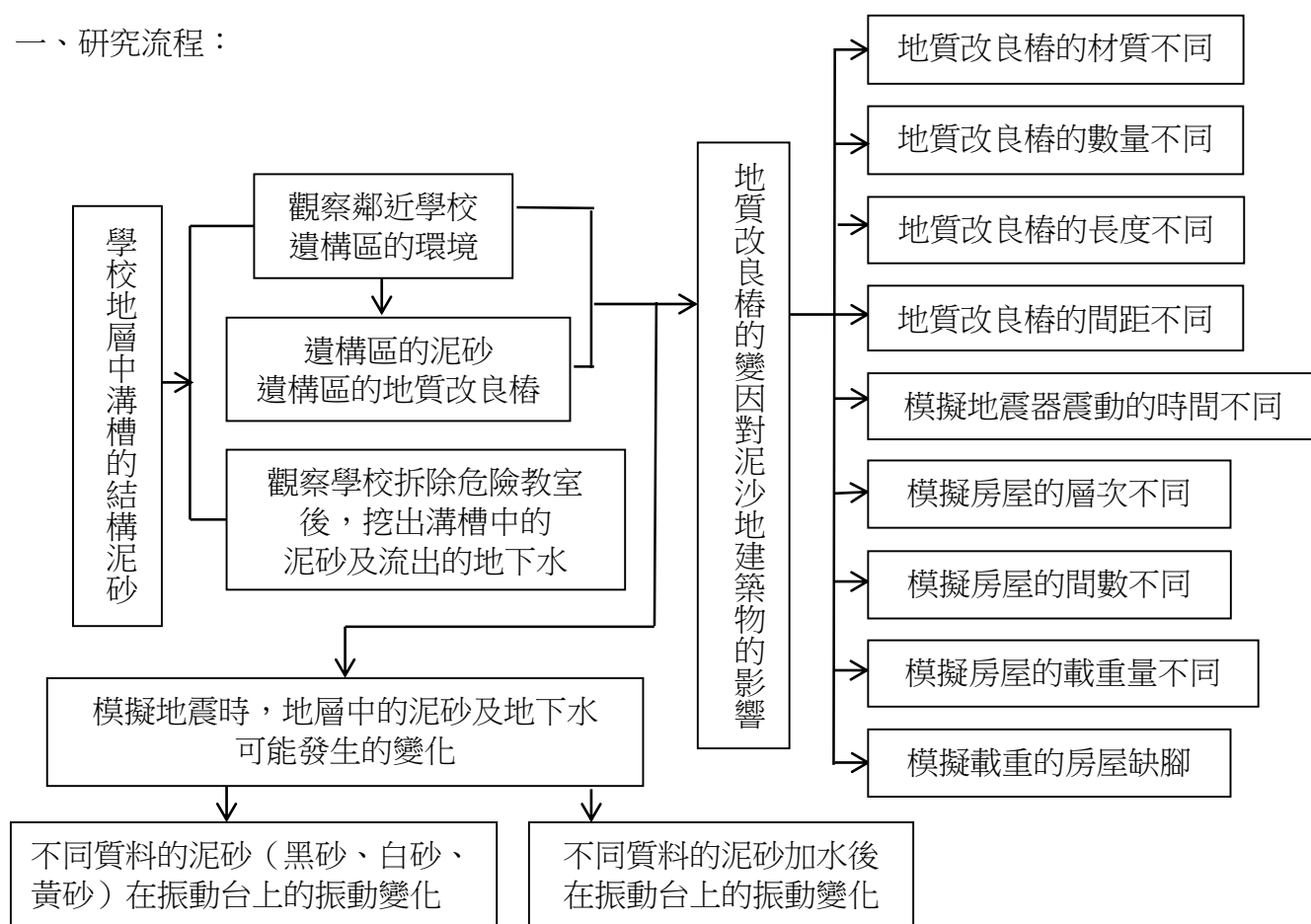
- 一、從實地觀察鄰近學校遺留的地質改良樁中的構造，知道它在砂質地層中穩固地質的重要性。
- 二、從實地觀察今年學校拆除危險教室時所挖出的一條大溝槽中的泥砂認識學校地層中、表層的泥砂結構。
- 三、從學校溝槽中採集泥砂裝置在塑膠盒裡，倒入水放置在振動器上振動所產生的變化。
- 四、不同質料的泥砂有黑砂、黃砂和白砂在塑膠盒中分層堆積，在振動器上振動的變化。
- 五、在透明的塑膠盒中裝入泥砂和定量的水，並插入不同數量的木條，放置在振動器上振動，觀察測量盒子底下的水上升的高度。
- 六、模擬在泥砂的土地上蓋房子，當地震發生時，會不會影響房屋的安全。
- 七、利用塑膠管裝入混泥土當作模擬的地質改良樁，固定在塑膠實驗桶底部的木板上，當作地質改良樁來試試看，安置在泥砂地上的模擬支架房子，在振動後的安全性。

參、研究器材與裝置

- 一、 模擬地質改良樁：塑膠水管(口徑 1.5cm，長度 10、15、20cm 三種) 混凝土(水泥、細砂、小石子和水之調和)
- 二、 模擬房屋支架：
 - (一) 木條 1：長 10cm，寬 (1.5 × 1.5 cm) 共 72 根
 - (二) 木條 2：長 12cm，寬 (1.5 × 1.5 cm) 共 36 根
 - (三) 木片：長 10cm × 寬 10 cm，厚：0.8cm
 - (四) 木板：參考(研究七)～(二)器材
- 三、 泥砂：校園溝槽的黃砂、實驗室的白砂和黑砂、篩網：(口徑：2.000、1.000、0.590、0.420、0.297、0.210、0.149mm)
- 四、 其他：透明塑膠盒、尺、鐵釘、水桶、塑膠盤、奇異筆、砝碼、量筒、方格紙、珍珠板、放大鏡、實體顯微鏡、漏斗、三角板、長尾夾、電腦

肆、研究過程與結果

一、研究流程：



二、研究項目：

【研究一】學校校園前庭區的泥砂性質

本研究所有照片皆由
指導老師拍攝，
且無翻拍照片。

(一) 目的：從採集校園挖出溝槽的泥砂，觀察泥砂的顆粒、吸水性，分辨泥沙的性質。

(二) 操作方法：

方法 1：測量泥砂顆粒大小的百分比

(1) 採集校園挖出溝槽的泥砂（一個塑膠盆的泥砂約 5Kg）。

(2) 把泥砂分裝在三個塑膠盤中，利用刷子分散泥砂，再放在陽光下曬乾。

(3) 利用不同粒徑的篩網過篩，並按照顆粒大小的規格分類。

(4) 泥砂顆粒大小為：

$$\begin{array}{llll} 2.000 > A > 1.000 & 1.000 > B > 0.590 & 0.590 > C > 0.420 & \\ 0.420 > D > 0.297 & 0.297 > E > 0.210 & 0.210 > F > 0.149 & 0.149 > G \end{array}$$

(5) 測量每個顆粒大小的組合重量。

方法 2：觀察不同顆粒大小泥砂的顏色

(1) 分別取出 10g 的不同顆粒大小的泥砂。

(2) 把不同顆粒大小的泥砂倒在濾紙上。

(3) 用肉眼觀察泥砂的顏色，並拍照比較。

方法 3：測量不同顆粒大小泥砂的密度

$$\text{密度} = \frac{\text{泥砂質量 (g)}}{\text{泥砂的體積 (mL)}} = () g/mL$$

(1) 利用上皿天平分別測量不同顆粒大小泥砂的質量（20g）。

(2) 分別把 20g 顆粒大小不同的泥砂，倒入量筒中，

觀察量筒內水上升的體積。

(3) 把測量數據代入：

$$\text{密度} = \frac{\text{泥砂質量 (g)}}{\text{泥砂的體積 (mL)}} = () g/mL$$

方法 4：測量泥砂的吸水量和滲水量

(1) 分別測量不同顆粒大小的泥砂各 50g，再倒入裝好濾紙的漏斗中。

(2) 分別把 100mL 的水，慢慢的倒入漏斗中，使水滲入泥砂，滴到漏斗下方的燒杯中，收集測量滲出的水量—滲水量。

(3) 吸水量 = 100mL - 滲水量



(四) 結果：







〔結果 1〕泥砂顆粒的大小所佔的百分比

單位：g

泥砂顆粒大小	B	C	D	E	F	G	合計
泥砂顆粒大小的重量 (g)	66	483	2965	3149	1873	200	8736
泥砂顆粒大小的重量百分比 (%)	0.75	5.53	33.94	36.04	21.44	2.29	99.99

〔結果 2〕不同顆粒大小的顏色

老師拍攝

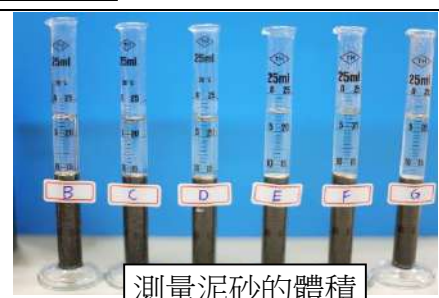
泥砂顆粒大小	B	C	D	E	F	G
泥砂的顏色						

〔結果 3〕不同泥砂顆粒大小的密度

老師拍攝

單位：g

泥砂顆粒大小	B	C	D	E	F	G
泥砂的質量(g)	20	20	20	20	20	20
泥砂的體積(mL)	7.5	7.5	7.7	7.5	7.5	7.0
密度(g/mL)	2.7	2.7	2.6	2.7	2.7	2.9



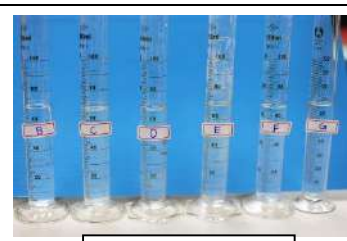
測量泥砂的體積

〔結果 4〕不同泥砂顆粒大小的吸水量和滲水量

老師拍攝

單位：mL

泥砂顆粒大小	B	C	D	E	F	G
吸水量(mL)	27	26	25	24	24	23
滲水量(mL)	73	74	75	76	76	77



泥砂的滲水量

(六) 討論：

1. 校園泥砂：細砂的比率佔了 50%（沒有觀察到碎石），代表校園的地質是砂質地質。
2. 泥沙顆粒越大，顆粒之間的縫隙就越多，吸進的水量就越多；相反的顆粒越小，吸進的水量就越少。
3. 校園溝槽挖出的泥砂，大部分是黃褐色，仔細觀察有白色的顆粒，滴上稀鹽酸會冒泡泡是石灰岩的顆粒，也有許多貝類的碎屑。
4. 校園不同顆粒大小泥砂的吸水量都很一致約在 25%；滲水量也一樣，所以下雨時，地面的水都很快滲到地下。

【研究二】模擬地震時，不同粗細的泥沙在地層中的變化

(一) 目的：從操作不同粗細的泥沙在方形盒中不同層次的排列方式、振動後的變化。

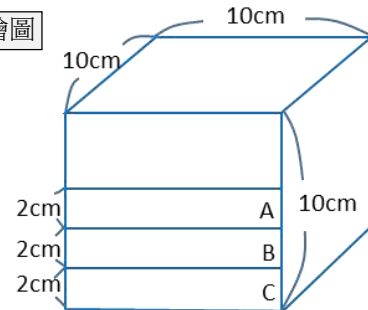
(二) 器材：

1. 不同粗細的校園和實驗室裡的泥沙，
2. 方形透明盒：規格 10×10×10 cm

粒徑分別為：

- A. 黑砂 (2.000~1.000 mm)
- B. 白砂 (0.420~0.297mm)
- C. 黃砂 (0.149mm 以下)

老師繪圖



分為 A、B、C 三層，
每層高度：2cm

3. 震動台：

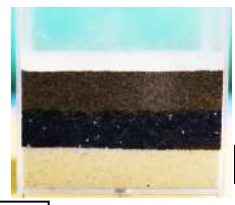
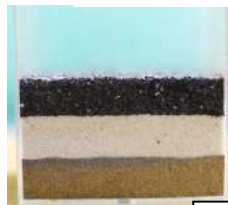


老師拍攝

(三) 裝置不同排列的泥沙在三個實驗盒中：Black 黑砂、White 白砂、Yellow 黃砂

1. (排列) 三種不同層次排列 (甲) (乙) (丙)

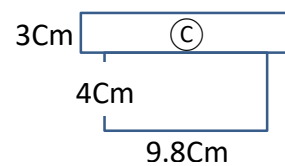
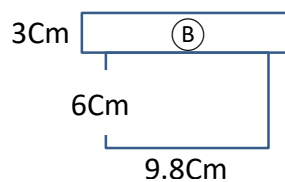
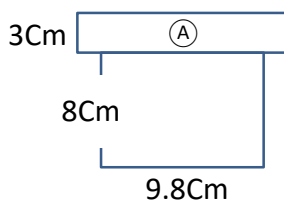
甲	乙	丙
B	W	Y
W	B	B
Y	Y	W



老師拍攝

2. 不同高度的泥沙推平器。

三種不同泥沙的排列順序



老師繪圖

3. 把曬乾的泥沙按實驗盒上不同層次的泥沙堆積倒入泥沙盒。

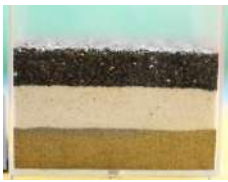

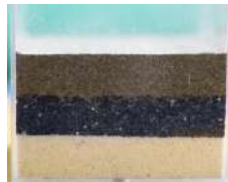



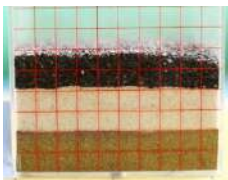
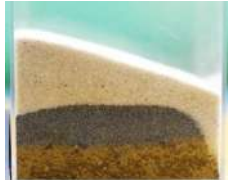
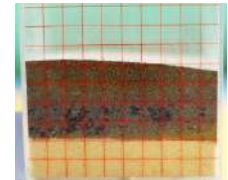
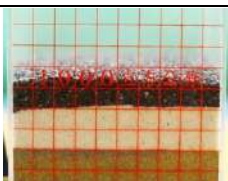

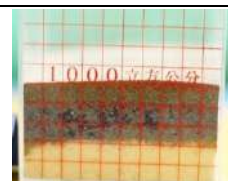



- (1) 由最底層倒入，再用Ⓐ式推平器來回推平泥沙（高度為 2cm）
- (2) 接著為中間層，倒入泥沙，再用Ⓑ式推平器推平（高度為 2cm）
- (3) 最後為最高層，倒入泥沙，再用Ⓒ式推平器推平（高度為 2cm）

利用相同的方法，把三種不同泥沙的排列裝置完成。

4. 裝好的三個不同排列泥沙的盒子放置在振動台上，編號為：甲、乙、丙

(四) 實驗結果：註：B：表示黑砂，W：表示白砂，Y：表示黃砂

老師拍攝

編號 觀察方位	甲盆	乙盆	丙盆
實驗前			
實驗盒的 正前方			
說明	上層黑砂 向四周流動	白砂層的泥砂 滲入黑砂層	上層黃砂滲入到 黑砂層的兩側
實驗盒的 右側方			
說明	黃砂被黑砂 壓得很平整	白砂顆粒細小 滲入黑砂到黃砂間	上層的黃砂層 由左右陷入黑砂層
實驗盒的 左側方			
說明	三層泥砂間 沒有滲透變化	震動後白砂壓入 黑砂層流入黃砂層	整個黃砂層大量 滲到黑砂層中
實驗盒的 正後方			
說明	白砂層呈現 微微波浪狀	白砂整體上升 左右有些下降	黃砂層兩側少量 滲到黑砂層中

(五) 討論：

1. 震動後，最下層的左中右下陷的都很平均，表示受力很平均。
2. 顆粒小的泥砂較容易滲透到顆粒較大的泥砂顆粒中。相反的，顆粒大的泥砂較難滲透到顆粒小的泥沙。
3. 震動的幅度越大，震動後的泥砂成波浪狀越明顯。
4. 無論泥砂顆粒大小，經過震動後，都會下陷。
5. 泥砂顆粒大小和震動後泥砂的幅度遞增。

【研究三】模擬地震時，地層中的地下水和泥砂顆粒大小產生的變化

(一) 目的：從操作不同粗細的泥砂在試驗透明的塑膠盒中加入 300mL 的水量後，模擬地震時的振動，觀察地下水和泥砂的變化。

(二) 器材：參考【研究二】的器材。

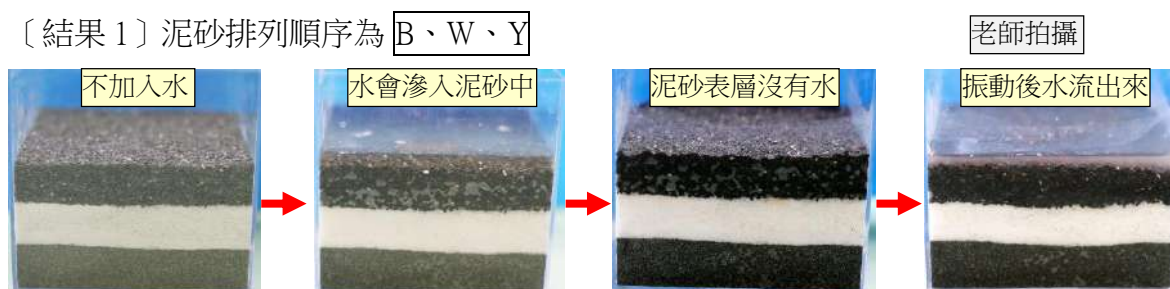
(三) 操作方法：

1. 在試驗塑膠盒中，取每盒分別為 **B、W、Y**、**W、Y、B**、**Y、B、W** 三個盒子作為實驗的樣本，加入 300mL 的水當做地下水。

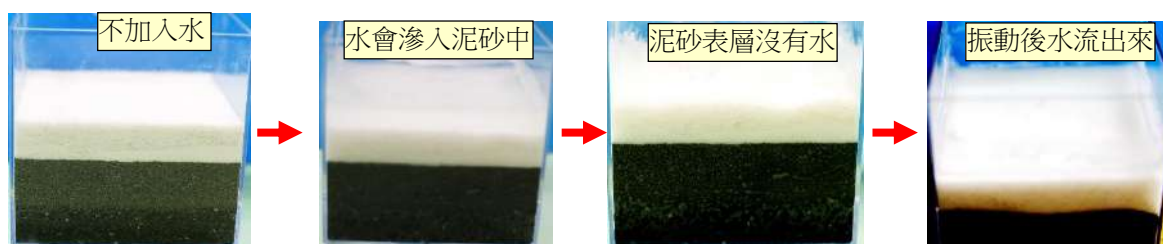
2. 參考【研究二】的操作方法。

(四) 實驗結果：

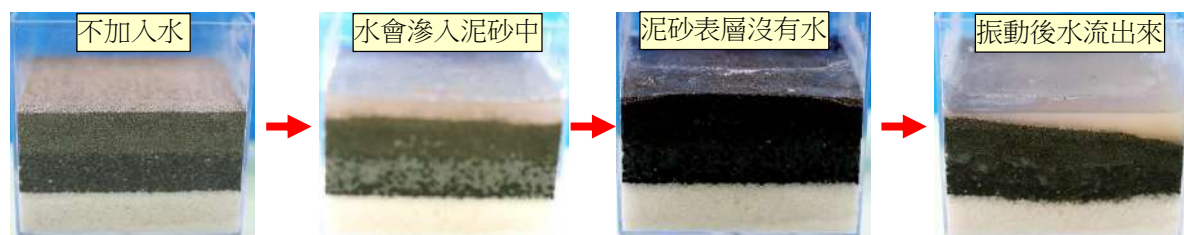
〔結果 1〕泥砂排列順序為 **B、W、Y**



〔結果 2〕泥砂排列順序為 **W、Y、B**



〔結果 3〕泥砂排列順序為 **Y、B、W**



(五) 討論：

1. 實驗盒中不同顆粒粗細的泥砂排列堆積，加入 300mL 的 RO 水，經過 24 小時的滲透後，RO 水都已沉入泥砂中，均勻的混合在一起。
2. 因為泥砂顆粒大小的差異，顆粒間會有些空隙，使較多細小的泥砂會下陷，填充在細縫間，使整體泥砂會下陷。
3. 實驗盒中的泥砂，經過 10 分鐘的振動後，泥砂會下陷，而擠出細縫中的水，從泥砂的表層流出來。

【研究四】模擬地震時，在試驗盒裏的泥砂中，插入不同數量的木條對於泥砂中的地下水的影響？

（一）目的：從操作實驗盒中的泥砂插入不同數量的木條，放置在振動器上振動，觀察測量地下水上升的高度。

（二）器材：

1. 實驗塑膠盒：規格 10×10×10cm

2. 實驗盒底面的珍珠板（厚為 1.5cm）

各插入木條（直徑：0.7 cm，長度：8 cm）：分別為 9、16、25 支

3. 過篩的泥沙：（校園裡挖出溝槽的泥砂）

4. 振動器（彈簧振動器）

5.其他：照相機、滴管

（三）裝置： 不同數量的木條分別插入底部木板，有 9、16 和 25 支

老師拍攝



9 支木條



16 支木條



25 支木條

（四）操作方法：

1. 準備實驗的塑膠盒三盆，底部分別插入不同數量的木條（9、16、25 支）
2. 把從校園溝槽挖出曬乾的泥砂，過篩後放進實驗盒中。
3. 把裝置完成的實驗盒放置在塑膠盤上，再放到振動器上。
4. 在實驗盒上層慢慢倒入 200ml 的 RO 水（等待水都滲到盒子的底部）。
5. 開始震動，震動時間為 10 分鐘後，測量塑膠盒中，水上升的高度。
6. 同樣方法做 3 次。

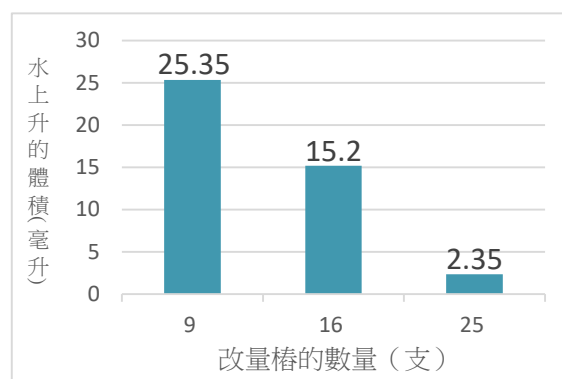
（五）操作過程的照片： 老師拍攝



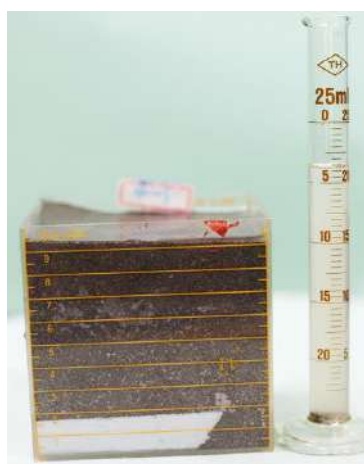
(六) 操作結果：(水量可能會上升) 單位：mL (七) 比較：

老師繪製

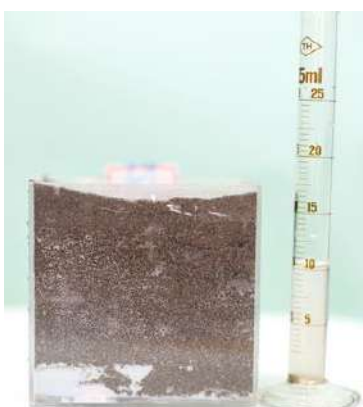
改良樁 次數	9	16	25
1	21.8	10.2	3.4
2	28.9	20.2	1.3
合計	50.7	30.4	4.7
平均	25.35	15.2	2.35



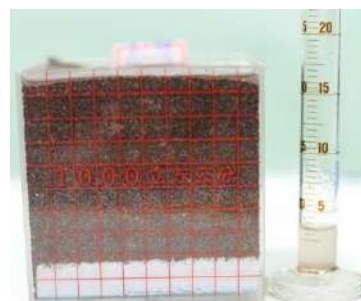
老師拍攝



25 支木條



16 支木條



9 支木條

振動後泥砂間水上升的變化

(八) 討論：

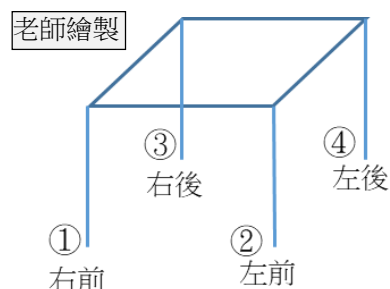
1. 地質改良樁的間距越小，地層下陷較不嚴重；相反的，地質改良樁的間距越大，地層下陷較深。
2. 地質改良樁越密集，出水量就越少；相反的，地質改良樁越鬆散，出水量就越多。
3. 從實作中發現塑膠盆裡裝入的模擬地質改良樁的木條的數量越多（25 支）時，塑膠盆底下的模擬地下水上升的體積越少（約 2.5cm^3 ）；而木條越少支時，水上升的體積越多（約 25cm^3 ）。
4. 實作中可以知道為什麼在學校建校舍時，會在地層中每隔 1m 裝置直徑 65cm 的地質改良樁，因為學校的地層中是泥砂的地層，如果沒有地質改良樁時，一旦下起大雨，地下水就會上升很高，影響房屋的安全。

【研究五】模擬在泥砂的土地上蓋房子，當地震發生時會不會影響房屋的安全。

(一) 目的：利用木條當支架製作房屋的模型，放置在塑膠盒的泥砂上，利用振動器模擬地震，觀察地震時房屋支架會發生怎樣的變化？

(二) 器材：

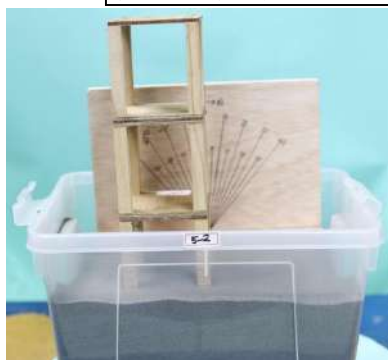
1. 木條：長：10cm、寬：1.5cm、高：1.5cm，共 16 支。
2. 木板：(三夾板) 10×10×0.8cm，共 7 片。
3. 泥砂(校園溝槽挖出的泥砂→曬乾→過篩) 顆粒大小：1.000mm~0.149mm
4. 實驗用半透明塑膠盒：一台 (長：38cm、寬：27cm、高：27cm)
5. 打洞器、固定器、鑽孔器、白膠、圓形墊片 (150g/片)
6. 振動器 (模擬地震)
7. 模擬房屋的造型：1 間 3 層的樓房



(三) 實驗裝置：

模擬地震時，泥砂的土地上房屋支架的變化

老師拍攝



(四) 實驗方法：以三層的房屋來做實驗。

〔實驗 1〕模擬房屋不載重物。

1. 製作相同結構的房屋，共三層。
2. 在第一層房屋的底端接上深度的指標，在底端 2cm 的地方畫上基準線，接著每 1 公分畫一條直線，共 5 公分。
3. 在模擬地層泥砂箱中裝入校園泥砂 15 cm 高。
4. 放入三層的實驗房屋支架，底端的支架深入泥砂中 2cm。
5. 把實驗房屋支架放在模擬地震器上搖晃 3 分鐘，共做三次。
6. 觀察實驗房屋底端的深度指標為多少？各做 3 次，分別把實驗的結果記錄下來。



老師拍攝

〔實驗 2〕在每一層模擬房屋的中央放置鐵環 150g

1. 分別在每一個樓層的中央各放置一個鐵環 150g
2. 操作方法和〔實驗 1〕相同

〔實驗 3〕在每一層模擬房屋的右下角各放置一個鐵環。

1. 操作方法和〔實驗 2〕相同

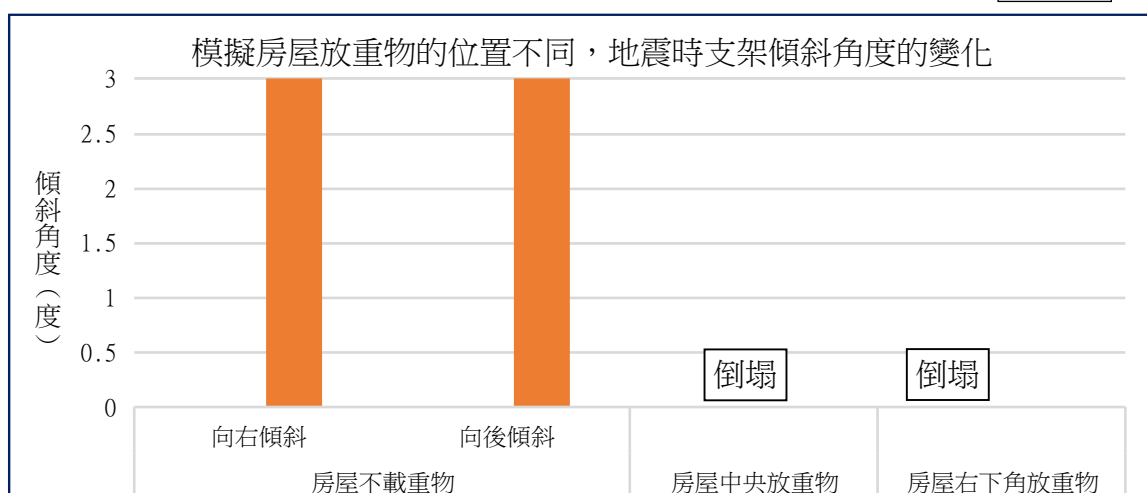
（五）實驗結果：

單位：cm 老師繪製

實作次數 觀察支架變化		第一次	第二次	第三次	合計	平均
房屋不載重物	右前下陷	0.0	0.5	0.6	1.2	0.4
	右後下陷	0.0	0.5	0.4	1.0	0.3
	左前下陷	0.0	0.7	0.6	1.4	0.5
	左後下陷	0.0	0.5	0.4	1.1	0.4
	向右傾斜	3°	2°	3°	8°	3°
	向後傾斜	2°	3°	2°	8°	3°
房屋中央放重物	右前下陷	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌
	右後下陷	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌
	左前下陷	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌
	左後下陷	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌
	向右傾斜	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌
	向後傾斜	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌
房屋右下角放重物	右前下陷	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌
	右後下陷	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌
	左前下陷	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌
	左後下陷	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌
	向右傾斜	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌
	向後傾斜	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌	倒塌

（六）結果比較

老師繪製



老師拍攝

模擬房屋放置重物的位置不同，地震後的變化。

（七）討論：

1. 實作中模擬房屋的每一層地板上不放重物時；放置在模擬地震器上搖晃 3 分鐘，結果發現，模擬房屋底端的支架陷入泥砂的深度都在 0.6cm 以下，表示模擬房屋是平穩。
2. 實作中把重物分別放在每一層模擬房屋地板的中央，當地震器開始搖晃時，模擬房屋漸漸地傾斜，經過 3 分鐘後，房屋的底端的支架也漸漸陷入泥砂中，造成房屋嚴重傾斜，甚至倒塌。
3. 實作中把重物分別放在每一層模擬房屋的同一個角落，當地震發生時，房屋很快地先傾斜，隨即倒塌，而且都朝重物的方向倒塌。

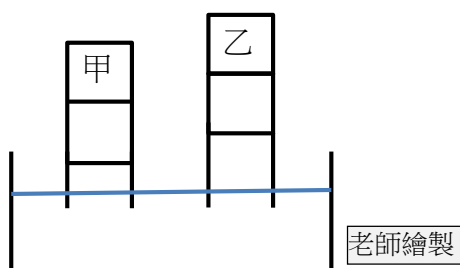
【研究六】模擬二棟高度不同的三層樓房，放置在泥砂地上，震動後會有什麼變化。

(一) 目的：從操作二棟高度不同的三層樓模擬房子，放置在實驗的振動器上，振動後會有什麼變化。

(二) 器材：

1. 泥砂：學校校園挖出溝槽中的泥砂，經過過篩曬乾後，備用。
2. 房屋的規格二棟房屋的底面相同（10×10cm）。
3. 支架高度不同，每層分別為甲：10cm、乙：12cm。
4. 房屋重量：甲：600 g、乙：720 g
5. 其他的器材：和〔研究 5〕相同

(三) 裝置：



不同高度的二棟房屋支架實驗

(四) 實驗方法：

〔方法 1〕：空屋時的振動變化。

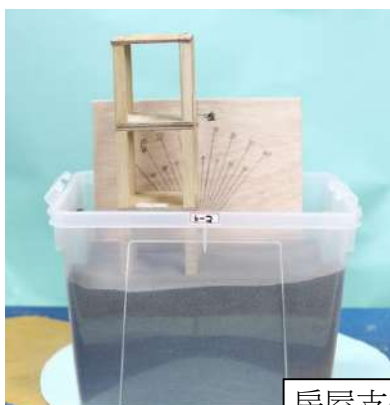
〔方法 2〕：在每一層樓中央各放置 1 個約 150 g 的鐵製圓形墊片。

〔方法 3〕：在每一層樓的相同角落，各放 1 個約 150 g 的鐵製圓形墊片。

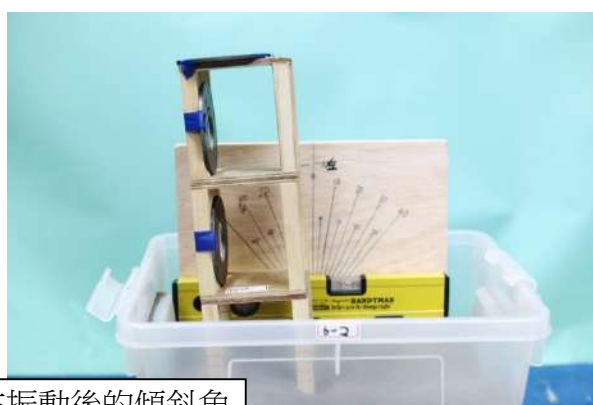
(五) 實驗步驟：

1. 把學校挖出的泥砂裝入的實驗盒內，高度 15cm。
2. 在實驗的模擬房屋的底面上，按照實驗的設計分別放置鐵製圓形墊片 1 個。
3. 打開振動器的開關，振動 5 分鐘。
4. 觀察測量每一次房屋支架陷入泥砂的深度及傾斜角度。

老師拍攝



房屋支架在振動後的傾斜角



(六) 實驗結果：老師繪製

單位：cm

組別	實驗次數 測量項目	實驗 1 (不放重物)	實驗 2 (重物放在中心)	實驗 3 (重物放在右下角)
甲組實驗房屋(高：32 cm)	1.右前	-1.0 cm	0.0cm	過 2 分 10 秒朝後方倒塌
	2.右後	-0.5 cm	0.0 cm	
	3.左前	-1.0 cm	-0.2 cm	
	4.左後	-0.5 cm	0.0 cm	
	傾角角度①右側	4°	4°	
	傾角角度②後側	5°	3°	
	時間	5mins	5mins	
乙組實驗房屋(高：38 cm)	1.右前	過 2 分 20 秒朝前方倒塌	過 50 秒朝後方倒塌	過 7 秒朝前方倒塌
	2.右後			
	3.左前			
	4.左後			
	傾角角度①右側			
	傾角角度②後側			
	時間			

(七) 實驗過程

老師拍攝



二棟不同高度的三層房屋支架，在地面上放置不同重物的變化

（八）討論：

1. 樓層不放重物：

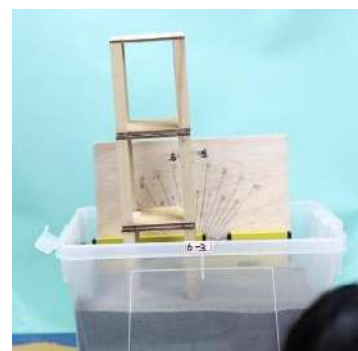
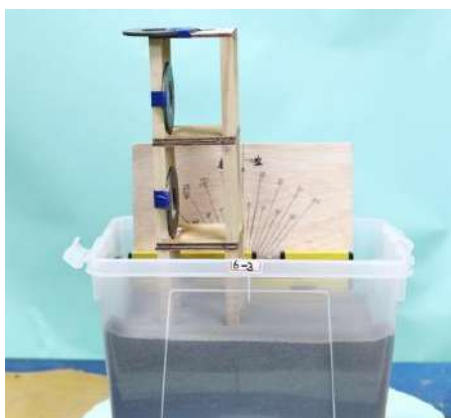
- （1） 兩棟高度不同的三層模擬樓房，放置在 15cm 的泥砂上，當地震時，模擬房屋的支架會陷入泥砂中。
- （2） 甲棟每層高為 10cm，三層共 32cm（包含夾層面），乙棟每層高 12cm，三層共 38cm（包含夾層面）。
- （3） 當各樓層不載重物時，放在模擬地震台上振動 5 分鐘，結果甲棟房屋支架沒有下陷，而乙棟房屋的支架下陷 0.1~0.5cm，而且下陷較深的地方是右下和左下方。
- （4） 實作中發現乙棟的樓層較高，搖晃時，底端支架容易陷入地層的泥砂中；搖晃 5 分鐘就前傾 2°，甲棟樓房平穩，不會傾斜。

2. 樓層的中間放置重物：

- （1） 當模擬樓房放在地震台上振動時，甲樓層在 5 分鐘時會陷入泥砂中 0.3~1.5cm，而且都在右下、左下方；樓房也前傾 2°，乙樓房在 5 分鐘時，陷入泥砂中比較深的 0.4~1.9cm，後傾 2°。

3. 在樓層的一角放置重物：

- （1） 在樓層的右下角放重物時，放置在地震台上搖晃時，甲樓房每層高度在 10cm，全棟高度 32cm 的樓層右下角、左下角都會很快地陷入泥砂中，深度約在 1.5cm 左右，而且會向右傾斜，約 3°~4°，整個樓房傾斜一邊。
- （2） 乙樓層每層高度 12cm 全棟高度為 38cm，當放置在地震台上搖晃時，整棟樓房在 3 分鐘內，2 分半及 44 秒，就會分別傾倒，而且都向右邊傾倒。



老師拍攝

二棟不同高度的三層房屋支架，在地面上放置不同重物的變化

【研究七】地質改良樁對泥砂地建築物的影響。

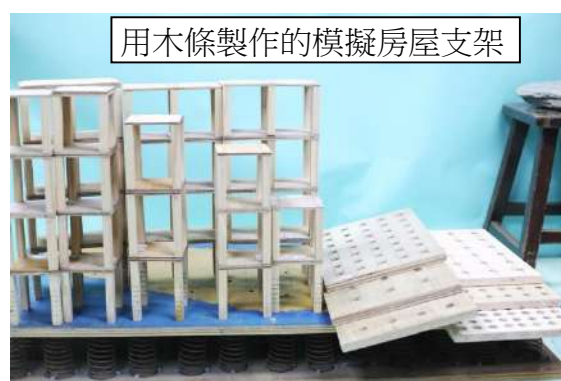
(一) 目的：我們利用塑膠管裝上水泥、砂、小石子加水拌成的混泥土模擬「地質改良樁」，固定在實驗盒底面的木板上，當做地質改良樁來試試看對在泥砂地上蓋房子的安全性。

(二) 器材：

1. 實驗盒底板規格：38cm × 25cm × 1.75cm（共 10 片）
2. 塑膠管：長度分別為：甲 10cm，乙：15cm，丙：20cm，各 35 支
3. 模擬地質改良樁的材料：泥砂、水泥、小石子拌成的混泥土注入塑膠管內，自然乾固。

(三) 裝置器材：

老師拍攝



(四) 實驗過程：分別為 9 項

1. 地質改良樁的材質不同（塑膠管、不銹鋼管、壓克力管、竹管、木管）
2. 地質改良樁的數量不同。（分別為 15、24、35 根 15cm 的改良樁）
3. 地質改良樁的長度不同。（分別為 10、15、20 cm）
4. 地質改良樁的間隔距離。（分別為 3、4、5、6、7 cm）
5. 模擬地震的時間不同：分別為 3、6、9 分鐘。
6. 模擬房屋的層次不同。（分別為 1、2、3、4 層）
7. 模擬房屋的間數不同。

分別為：一間單獨四層、二間並列的四層房屋

8. 模擬房屋的載重量不同。以三層的單獨樓房為主，

①分別在中心載重 0、150、300 g

②分別在一角載重 0、150、300g

9. 模擬載重的房屋缺腳（柱子），分別為

〔實驗 1〕模擬地質改良樁的材質不同，對地震時泥砂地上的模擬房屋的影響。

(1) 目的：想知道在實驗盒裡的地質改良樁材質不同時，對泥砂上模擬的房屋支架在振動後的變化。

(2) 器材：小型實驗盒、不同材質的模擬地質改良樁各 35 根（包括：塑膠管、不銹鋼管、壓克力管、竹管、木管）、模擬房屋支架、模擬地震器。

(3) 操作方法：

甲、在實驗盒裝置底部的木板，分別裝上 35 根不同材質的模擬地質改良樁。

乙、在每次的實驗時，塑膠盒填上去的泥土要蓋過管子 3cm。

丙、把實驗器材放在模擬地震台的中央上面。

丁、相同的材質模擬房屋支架（三層結構），平放在實驗盆的泥砂上（插入泥砂中 2 cm 深度）。

戊、在每一層中央各載上 150 g 的鐵製圓形墊片。

己、打開振動器的開關，使振動器振動，時間為 3 分鐘。

庚、觀察靜止後，模擬房屋支架的變化。



(4) 操作過程 老師拍攝



模擬地震器



木條改良樁



竹管改良樁



壓克力管改良樁



不銹鋼改良樁



塑膠管改良樁

(5) 結果

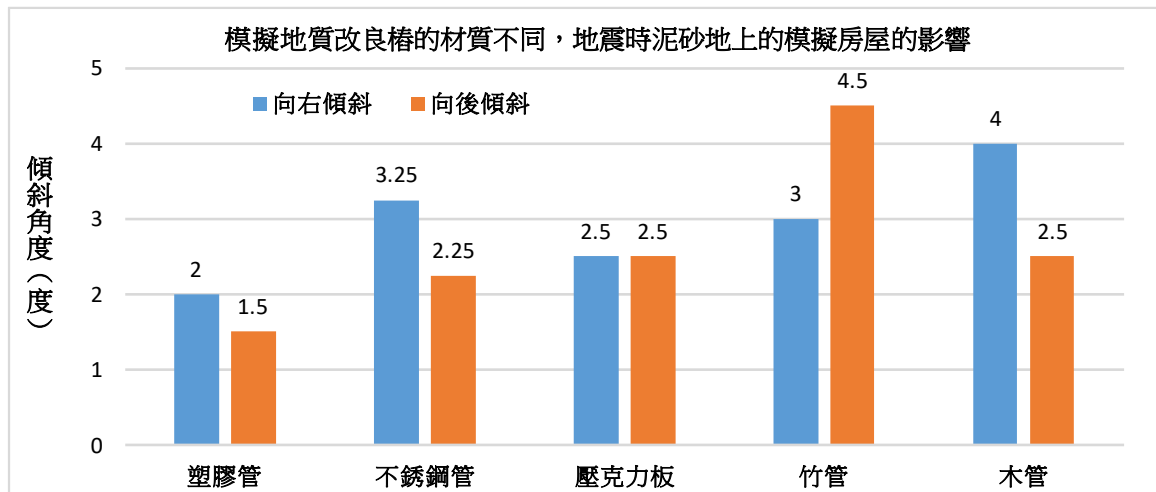
老師繪製

單位：cm

不同材質 \ 支架變化		右前下陷	右後下陷	左前下陷	左後下陷	向右傾斜	向後傾斜
塑膠管	1	0.7	0.2	-0.6	0.0	右：2.0°	後：2.0°
	2	0.6	0.2	-0.4	0.0	右：2.0°	後：1.0°
	合計	1.3	0.4	1.0	0.0	右：4.0°	後：3.0°
	平均	0.65	0.2	0.5	0.0	右：2.0°	後：1.5°
不銹鋼管	1	0.4	0.2	-0.1	-0.1	右：3.5°	前：3.0°
	2	0.4	0.2	0.0	0.0	右：3.0°	前：2.5°
	合計	0.8	0.4	0.1	0.1	右：6.5°	前：5.5°
	平均	0.4	0.2	0.15	0.15	右：3.25°	前：2.25°
壓克力板	1	0.2	0.0	0.0	0.0	右：3.0°	前：3.0°
	2	0.2	0.0	0.0	0.0	右：2.0°	前：2.0°
	合計	0.4	0.0	0.0	0.0	右：5.0°	前：5.0°
	平均	0.2	0.0	0.0	0.0	右：2.5°	前：2.5°
竹管	1	1.0	0.5	1.0	0.5	右：3.0°	前：5.0°
	2	1.0	0.6	1.0	0.6	右：3.0°	前：4.0°
	合計	2.0	1.1	2.0	1.1	右：6.0°	前：9.0°
	平均	1.0	0.55	1.0	0.55	右：3.0°	前：4.5°
木管	1	0.3	0.0	0.0	0.0	右：5.0°	前：3.0°
	2	0.2	0.0	0.0	0.0	右：3.0°	前：2.0°
	合計	0.5	0.0	0.0	0.0	右：8.0°	前：5.0°
	平均	0.25	0.0	0.0	0.0	右：4.0°	前：2.5°

(6) 結果比較

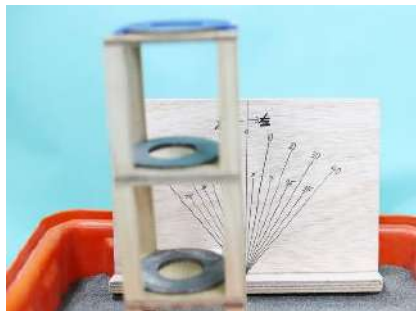
老師繪製



(7) 討論

1. 利用不同材質來製作模擬地質改良樁，因為材質韌性的不同，會影響模擬房屋支架的傾斜角度。堅硬穩固的塑膠管，壓克力管及不銹鋼管，在地層中會使地層穩定，使房屋支架傾斜角度小，陷入泥砂中的深度淺。
2. 利用竹管、木管當材料的模擬地質改良樁，因為材質軟，基座不穩固，而會動搖；所以在泥砂中製作改良樁，對地層的穩定性比較弱，對泥砂上面的模擬房屋的支持力小，而使房屋支架傾斜大。

老師拍攝

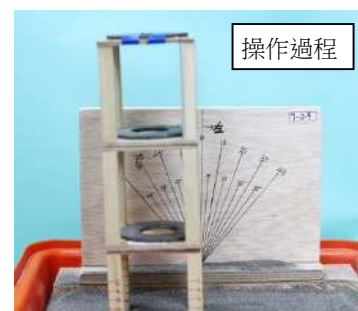


不同材質的模擬地質改良樁的實作變化

〔實驗 2〕模擬地質改良樁的數量不同，對地震時泥砂地上的模擬房屋的影響。

(1) 目的：想知道在實驗盒裝上不同數量的地質改良樁，在填上泥砂後，放置模擬房屋支架並震動後，對房屋有什麼變化？

(2) 操作過程 老師拍攝



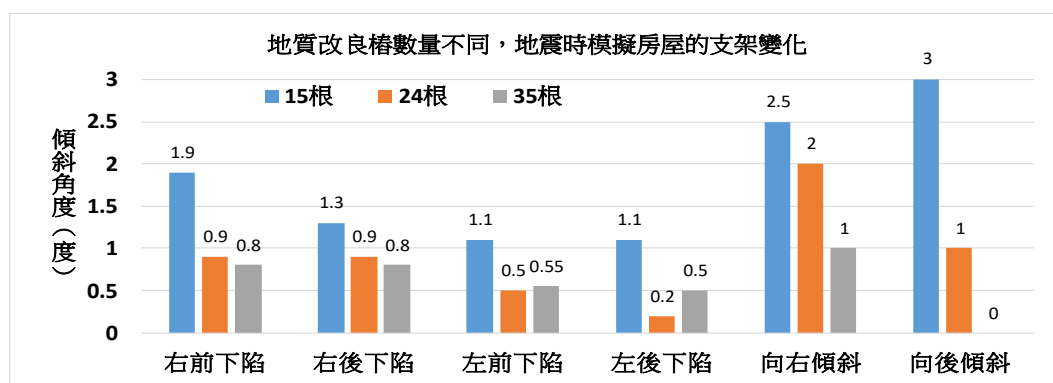
(3) 結果 老師繪製

單位：cm

改良樁數量	15 根				24 根				35 根			
次數 支架變化	1	2	合計	平均	1	2	合計	平均	1	2	合計	平均
右前下陷	2.1	1.6	3.7	1.9	0.9	0.8	1.7	0.9	1	0.6	1.6	0.8
右後下陷	1.6	1	2.6	1.3	1	0.7	1.7	0.9	0.8	0.8	1.6	0.8
左前下陷	1.2	0.9	2.1	1.1	0	1	1	0.5	0.6	0.5	1.1	0.55
左後下陷	1.3	0.8	2.1	1.1	0.2	0.2	0.4	0.2	0.4	0.6	1	0.5
向右傾斜	2.5	2.5	5	2.5	2	2	4	2.0	1	1	2	1
向後傾斜	3	3	6	3.0	1	1	2	1.0	0	0	0	0

(6) 比較

老師繪製



(7) 討論：模擬地質改良樁的數量不同時，模擬建築物為三層的獨間房屋，每一層的中間放置 150g 鐵環重物，固定在地震器上震動；實作結果發現模擬地質改良樁的數量越多（35 根）在實驗台上的模擬房屋底端四支腳陷入泥砂中的深度最淺；而模擬改良樁的數量越少，四支腳陷入泥砂越深，而且模擬房屋的傾斜角度也和模擬地質改良樁的數量有關，改良樁越多，傾斜角度越小；改良樁的數量越少，傾斜角度越大。

〔實驗 3〕模擬地質改良樁的長度不同，對泥砂地上的模擬房屋在地震後的影響。

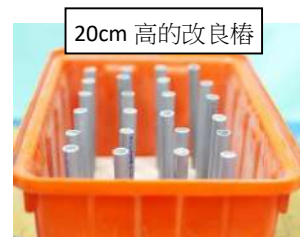
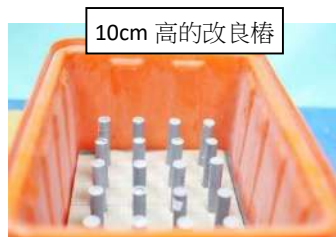
(1) 構想：想從操作中知道模擬改良樁的長度不同時，模擬房屋在地震器上振動後，底部地支架會陷入砂中有多深及傾斜角度有多少？

(2) 實作方法：

①在實驗盒底部的4×6的木板分別插入不同長度 10、15、20cm 的模擬改良樁。

②分別把三個裝上不同長度模擬地質改良樁的木板放入實驗盒內。

③～⑧參考實驗(1) 老師拍攝



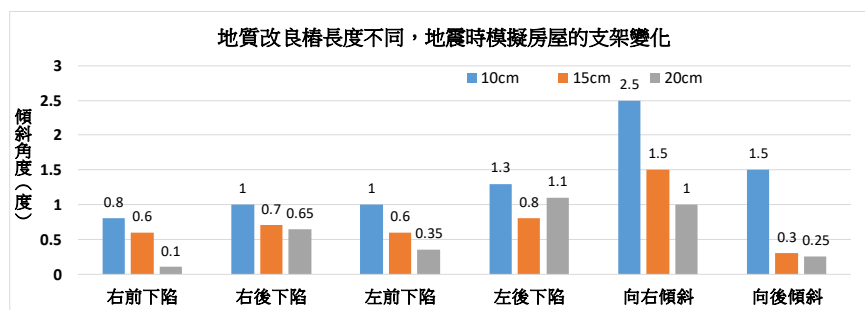
(3) 實驗結果：

老師繪製

改良樁長度	10cm				15cm				20cm			
次數 支架變化	1	2	合計	平均	1	2	合計	平均	1	2	合計	平均
右前下陷	1.1	0.5	1.6	0.8	0.8	0.4	1.2	0.6	0.2	0.0	0.2	0.1
右後下陷	0.5	1.5	2	1.0	1.0	0.3	1.3	0.7	1.0	0.3	1.3	0.65
左前下陷	1.3	0.7	2	1.0	1.0	0.2	1.2	0.6	0.2	0.5	0.7	0.35
左後下陷	1.1	1.5	2.6	1.3	1.3	0.2	1.5	0.8	1.0	1.2	2.2	1.1
向右傾斜	2.0°	3.0°	5°	2.5°	1.5°	1.5°	3°	1.5°	1.0°	1.0°	2°	1°
向後傾斜	2.0°	1.0°	3°	1.5°	0.0°	0.5°	0.5°	0.3°	0.5°	0.0°	0.5°	0.25°

(4) 實驗比較：

老師繪製



(5) 討論：模擬地質改良樁的長度不同，在模擬房屋的中央放置重物為 150g，當地震器開始震動時，模擬房屋底端的支架會漸漸地陷入泥砂中，在 5 分鐘時停止振動，並測量房屋的傾斜角度，結果發現地質改良樁的長度越長，房屋傾斜角度越小；改良樁越短，房屋傾斜角度越大。

〔實驗 4〕模擬地質改良樁的間隔距離不同，對泥砂上的模擬房屋在地震後的影響？

(1) 構想：想從操作模擬房屋放置在不同間隔距離的模擬地質改良樁的實驗盒的泥砂上，放在地震器振動後的房屋底部的支架陷入泥砂的深度及房屋的傾斜角度。

(2) 實作方法：

①準備空心的塑膠管，長度：15cm，直徑 1.8cm，共 96 支。當作地質改良樁。

②準備長 38cm、寬 25cm、厚 1.8cm 的木板共五塊。模擬房屋（三層）

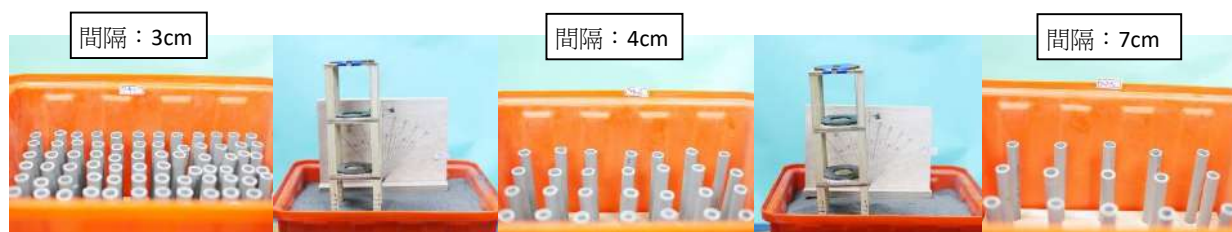
分別在相距 3cm、4cm、5cm、6cm、7cm 的木板上打洞（直徑 1.8cm）

③每塊木板上分別插入 15cm 的塑膠管，並裝在實驗盒中。

④在實驗盒中裝入校園泥砂，並蓋過管子頂部 3cm。

⑤⑥⑦⑧⑨參考〔實驗 2〕④-⑨的操作方法。

(3) 實驗過程：老師拍攝



(4) 實驗結果：老師繪製

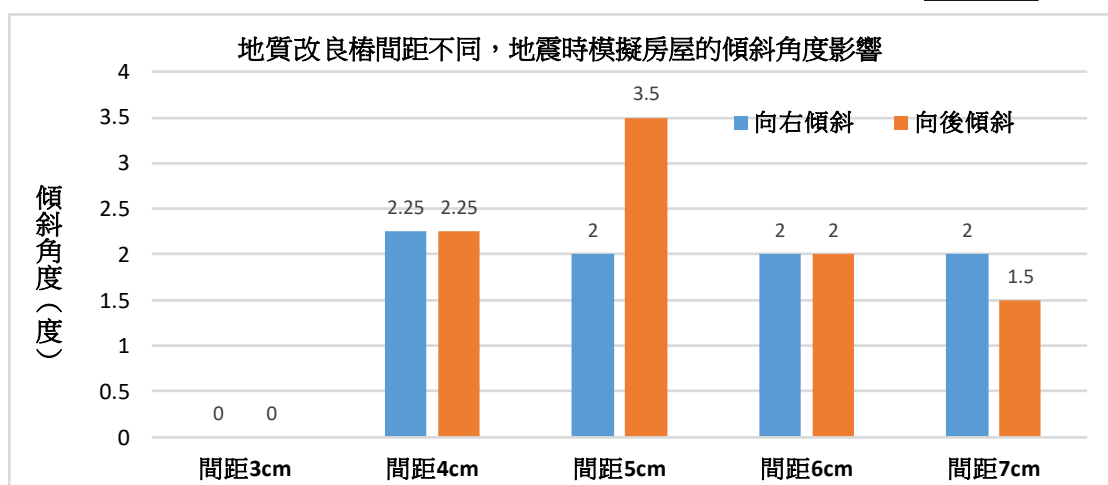
單位：cm

間隔距離	支架變化 編號次數	右前下陷	右後下陷	左前下陷	左後下陷	向右傾斜	向後傾斜
間距： 3 cm	1	0.0	0.0	0.0	0.0	右：0°	無後傾 0°
	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0°	0°
	合計	0.0	0.0	0.0	0.0	0°	0°
	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0°	0°
間距： 4 cm	1	-0.1	0.7	-0.2	0.0	右：2.5°	後：2.5°
	2	-0.2	0.5	-0.2	0.0	右：2.0°	後：2.0°
	合計	-0.3	1.2	-0.4	0.0	右：4.5°	後：4.5°
	平均	-0.15	0.6	-0.2	0.0	2.25°	2.25°

間距： 5 cm	1	1.0	0.6	0.7	0.0	右：2.0°	後：4.0°
	2	1.0	0.5	0.5	0.0	右：2.0°	後：3.0°
	合計	2.0	1.1	1.2	0.0	右：4.0°	後：7.0°
	平均	1.0	0.55	0.6	0.0	右：2.0°	後：3.5°
間距： 6 cm	1	-0.3	0.0	-0.3	0.2	右：2.0°	後：2.0°
	2	-0.2	0.0	-0.4	0.4	右：2.0°	後：2.0°
	合計	-0.5	0.0	-0.7	0.6	右：4.0°	後：4.0°
	平均	-0.25	0.0	-0.35	0.3	右：2.0°	後：2.0°
間距： 7 cm	1	-0.5	-0.3	-0.3	-0.2	右：2.0°	後：1.0°
	2	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	右：2.0°	後：2.0°
	合計	-1.1	-0.7	-0.5	-0.4	右：4.0°	後：3.0°
	平均	-0.55	-0.35	-0.25	-0.2	右：2.0°	後：1.5°

(5) 比較

老師繪製



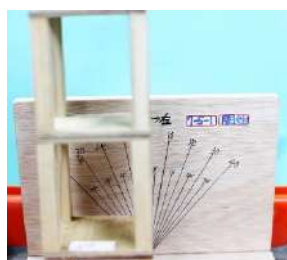
- (6) 討論：模擬地質改良樁的間隔距離不同，當模擬房屋在實驗盒上的泥砂上，地震台開始振動時，模擬房屋的底端支架也跟著慢慢下陷和搖動，5 分鐘後發現地質改良樁的間隔距離越小，房屋下陷的淺，房屋傾斜的角度小；而間隔距離越大，下陷的深，房屋傾斜角度也比較大，但是不會很大的差別。

〔實驗 5〕模擬地質改良樁注入混凝土的塑膠管裝置在實驗盒裡，放在模擬地震器振動的時間不同，會不會影響三層樓模擬房屋陷入泥砂的深度及傾斜角度。

(1) 操作方法：

- ① 把長度 20cm 的模擬地質改良樁的塑膠混凝土管，裝在（B 組）的丙之間隔距離為 4.5×5cm（35 根）的木板架上，再裝上實驗盒內，填土完成實驗裝置。
- ② 把實驗盒放在模擬地震器上，分別振動 0、3、6、9 分鐘。
- ③ 觀察實驗的結果記錄下來。

老師拍攝



振動的時間不同，支架的傾斜角度會不同

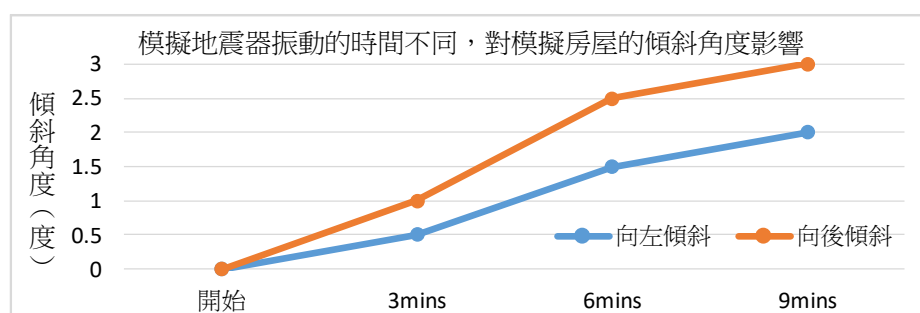


(2) 實驗結果：

單位：cm

振動時間 支架變化	開始	3mins	6mins	9mins
1.右前	0.0	2.2	3.1	4.0
2.右後	0.0	2.6	3.4	4.2
3.左前	0.0	2.2	3.0	4.0
4.左後	0.0	2.7	3.0	3.3
向左傾斜	0.0	0.5°	1.5°	2.0°
向後傾斜	0.0	1.0°	2.5°	3.0°

(3) 比較：



(4) 討論：模擬房屋放置在實驗盒上，再固定在地震台上觀察不同的振動時間 0、3、6、9 分鐘時，房屋支架在實驗台上陷入泥砂的深度。

結果在開始的時間，四個腳都已經陷入泥砂 2cm 的深度，隨著時間的拉長陷入的深度會越深，而且傾斜角度也越大。從實作中發現模擬房屋在地震台上的實驗盒會隨著地震台振動的時間陷入泥砂中越深，傾斜角度越大。

〔實驗 6〕模擬房屋的層次不同的支架結構，分別放置在相同條件的地質改良樁的泥砂地上振動後，房屋支架陷入的地面的深度比較及傾斜角度的不同。

(1) 操作方法：

① 準備可以分層組合的模擬支架房屋。

(一、二、三、四層相同規格尺寸的支架房屋)

② 分別在模擬支架房屋的中心放置 1 個鐵製墊片。

③ 分別放置在條件相同的實驗盒上。

(地質改良樁長：20cm) B (4 × 6) 間隔：3 × 4cm

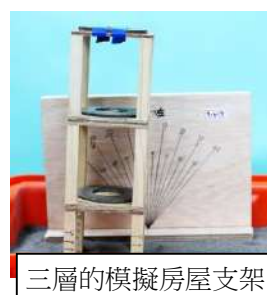
④ 再放置在模擬地震器上振動 3mins。

⑤ 觀察振動後的變化，房屋支架陷入泥砂多少 cm？

傾斜角度多少度？

(2) 結果： 下陷深度 (單位：cm)

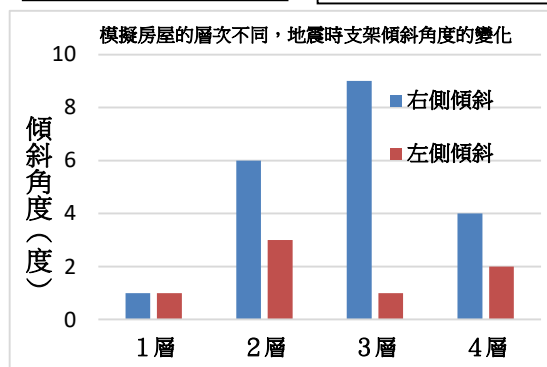
房屋層數 支架變化	1	2	3	4
1.右前	0.4	0.4	0.0	×
2.右後	0.2	0.0	0.4	×
3.左前	0.3	1.6	2.5	×
4.左後	0.1	0.6	1.5	×
右側	前傾 1°	後傾 6°	後傾 9°	後傾 4°
左側	左傾 1°	右傾 3°	左傾 1°	左傾 2°
時間	3 分	3 分	3 分	2 分 7 秒 傾倒



三層的模擬房屋支架



四層的模擬房屋支架



(3) 討論：不同層次的模擬房屋 (一、二、三、四層)，在模擬房屋的中心分別各放 150g 的重物，每次的實作時，分別為一層、二層、三層、四層，振動的時問為 3 分鐘，觀察不同層次的模擬房屋，在振動時，傾斜的角度和底端支架陷入泥砂的深度。

結果發現，四層的模擬房屋，在振動 2 分鐘就傾倒，而且一、二、三的模擬樓房在地震時，右上腳陷入泥砂的深度會越來越深，傾斜角度也隨著層次的高度而變大。

〔實驗 7〕模擬房屋間數不同，分別放置在相同條件的地質改良樁的泥砂地上，振動後房屋支架的變化，陷入地面的深度及傾斜角度的不同。(4 × 6)長度：20cm
房屋間數：一間獨棟四層、二間並列四層

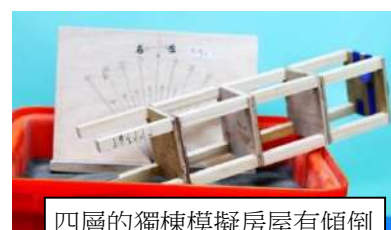
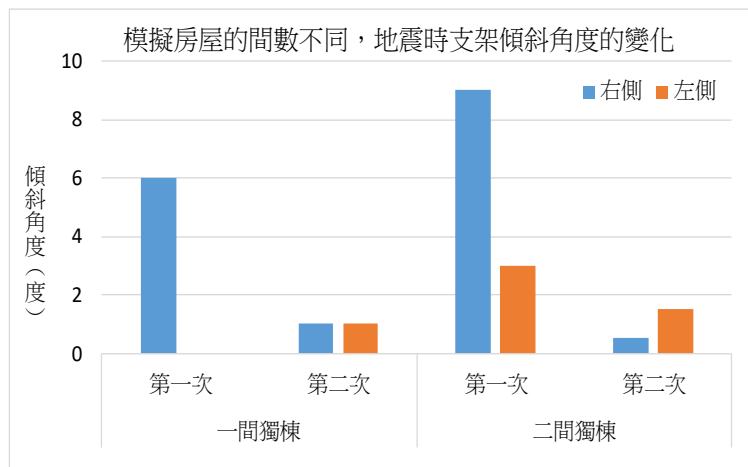
(1) 實驗方法：參考(實驗 1)的實驗方法

(2) 結果：

①一間獨棟的實驗			②二間獨棟的實驗	
實驗次數 支架變化	第一次	第二次	第一次	第二次
1.右前	0.5	0.1	-0.2	0.2
2.右後	0.5	1.8	0	0.8
3.左前	1.2	-0.9	1.6	0.6
4.左後	1.0	0.4	2.2	0.5
右側	後傾 6°	後傾 1°	後傾 9°	左傾 0.5°
左側	倒塌	右傾 1°	左傾 3°	後傾 1.5°
時間	5mins	5mins	5mins	5mins
層數	四層	四層	四層	四層

(3) 結果比較：

老師拍攝



四層的獨棟模擬房屋有傾倒

(4) 討論：模擬房屋間數不同，蓋在裝著地質改良樁的砂地上，當地震時，房屋支架陷入泥砂中的深度及房屋的傾斜角度會受影響。

①獨棟的樓房，四層的房屋，也會受到地震時振動的影響，樓層越高，傾斜角度越大。

②兩棟並列的樓房，和地面的接觸面比較重，而且房屋底端的支架多，面積大，所以在地震時，房屋的底座穩固，比較不容易倒塌。

③從二次的實驗中知道，地震時即使四層樓房只有微微傾斜。

〔實驗 8〕模擬房屋的載重量不同，對模擬房屋底部支架陷入泥砂的深度及房屋的傾斜角度的影響。

(1) 構想：

甲、實驗的房屋：以三層的獨立房屋為實驗樣本。

乙、載重量方式：分為兩種，一為在房屋中心載重；另一種為在房屋一角載重。

丙、載的重量：有 0g、150g、300g 三項。

丁、實驗房屋平放在模擬地質改良樁的泥砂上。(塑膠管 20cm，間隔為 5cm 的木板)

(2) 實驗步驟：

甲、準備裝置完成的模擬實驗房屋（三層的獨立房屋）。

乙、把它分別放在模擬地質改良樁的實驗盒上。

丙、振動方法：請老師操作，每次振動高度一致，速度穩定。

丁、觀察、測量模擬房屋底面柱子陷入泥砂的深度及房屋傾斜的角度。

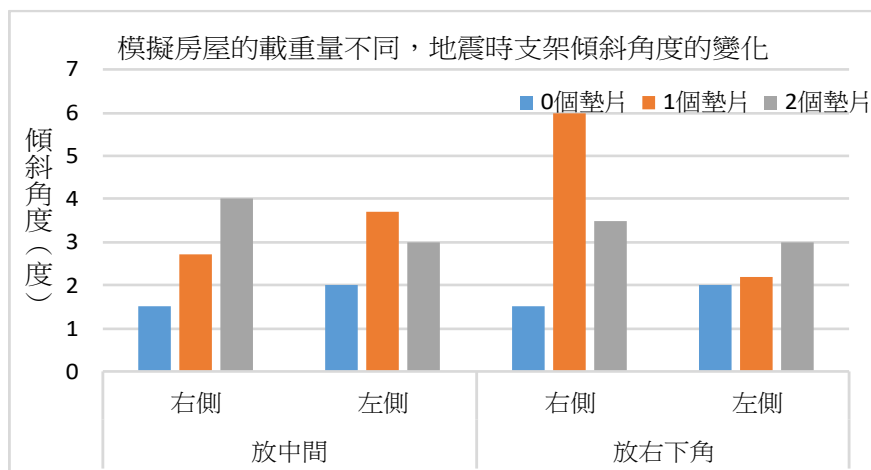
(3) 結果：

單位：cm

載重個數 支架變化		0 個		1 個		2 個	
放中間	1.右前	0.4	0.8	-0.5	1.0	0.5	0.5
	2.右後	0.8	0.2	-0.1	0.9	2.2	2.2
	3.左前	0.8	0.4	0.7	0.5	-0.5	-0.7
	4.左後	0.3	0.2	1.2	0.8	1.5	1.5
	右側	前傾 1°	前傾 2°	左傾 2.5°	左傾 3°	左傾 3°	左傾 5°
	左側	右傾 2°	無	後傾 5°	左傾 2.5°	前傾 3°	前傾 3°
	時間	3mins		3mins		3mins	
放右下角	1.右前	0.4	0.8	2.0	3.4	2.1	倒塌
	2.右後	0.8	0.2	0.8	2.1	0.4	倒塌
	3.左前	0.8	0.4	0.7	1.3	1.0	倒塌
	4.左後	0.3	0.2	-1.0	-1.2	-0.5	倒塌
	右側	前傾 1°	前傾 2°	前傾 5°	前傾 7°	前傾 3.5°	倒塌
	左側	右傾 2°	無	右傾 2°	右傾 2.5°	右傾 3°	倒塌
	時間	3mins		3mins		2 : 45	2 : 50

(4) 比較：

老師繪製



老師拍攝



把重物放在不同地方，模擬房屋在振動後的傾倒變化

(5) 討論：模擬房屋為三層樓房，分別在每層房屋的地板上放置重物，一種是把重物放在地板的正中央；另一種是把重物放在地板的同一個角落；還有一種是地板不放重物。當地震發生時，地板在振動，樓房底端的支架平放在裝有地質改良樁的泥砂地面，結果發現：

- ①在每一層地板不放重物的樓房，底端的支架下陷的最淺，而且傾斜角度少，甚至沒有傾斜。
- ②在每一層地板中間放置重物，地震時地板的振動會使樓房下陷，也會使樓房傾斜，放的重物越重，下陷得越深，樓房傾斜得越大。
- ③在每一層樓房的地板的角落放置重物，當地震時地板振動，在角落放置2個重物的樓房會側向這個方向。也發現放的重物越多越重，樓房的傾斜角度會越大，而且傾向重物的方向。

〔實驗 9〕模擬載重的房屋缺少一根柱子，在模擬地質改良樁泥砂地上振動後的變化。

(1) 構想：

甲、模擬實驗的房屋：以兩間並列的四層樓為樣本。

乙、模擬房屋的缺少的柱子。

①缺少中心的一根柱子。

②缺少側邊的一根柱子。

丙、模擬房屋載重的位置：每一間房屋的中間→



完整二間並列的四層樓房實驗

老師拍攝

(2) 實作方法：老師拍攝

〈方法 1〉缺少模擬房屋中間的一根柱子。



缺少中間的一根柱子

〈方法 2〉缺少模擬房屋側邊的一根柱子。



缺少側邊的一根柱子

(3) 結果：

單位：度

支架缺角 房屋變化	中間缺角，重物放中間		右下缺角，重物放中間		沒缺角，重物放中間	
傾角①	後傾 7°	×	後傾 3.5°	後傾 5.5°	前傾 0°	前傾 0°
傾角②	左傾 3°	×	右傾 2.5°	右傾 6°	左傾 3.5°	左傾 2.5°
時間	10secs	13.73secs	3mins 44secs	5mins	5mins	5mins
次數	①	②	①	②	①	②

(4) 討論：模擬一棟二列的四層樓房，在每一間房屋的地板中央各放置相同的重物，實驗的〈方法 1〉在模擬樓房的底層（第一層）缺少中間的一根柱子，〈方法 2〉在模擬樓房的底層側邊缺少一根柱子，當實驗進行中，模擬樓房放置在裝有地質改良樁的實驗盒上，地震時，模擬大樓會振動，結果在一樓中間缺一根柱子的大樓在 10~14 秒內就傾倒。而大樓底端右側缺一根柱子的樓房在 5 分鐘內沒有倒塌，可是傾斜角度很大，在 3.5~6.0°之間；大樓底端沒有缺少柱子的樓房在 5 分鐘內沒有向前傾斜，只是左傾 2~3.5°。

伍、結論

- 一、 從觀察鄰近學校興建大樓的地層中發現，在泥砂的地層，興建每隔 1m 一支直徑 30~60cm 的地質改良樁，可以穩固地基防止因地震時地層下陷造成的損害。
- 二、 從校園裡採集不同粗細的泥砂，放在方形塑膠盒內，經過振動後，觀察不同粗細的泥砂高低起伏變化，可以推想學校地區是泥砂地層，在常常發生地震的地方，可以知道地層中的泥沙是經常發生變動的。
- 三、 在裝泥砂的方型塑膠盒內倒入定量的水，觀察振動後，水面上升的高度；可以證明學校地區的地下水會受到地震而上升。
- 四、 在塑膠盒插入模擬地質改良樁的木條，再裝上泥砂，並倒入定量的水，振動後盒內的水會溢出；表示地震時會使地層中的水上升。
- 五、 在泥砂的地層上用木條模擬房屋的支架蓋房屋，當地震時，這些房屋容易下陷傾斜，甚至高層的房屋容易倒塌；表示在靠近海邊的泥砂地蓋房子，會有地層下陷的發生。
- 六、 利用塑膠管灌入混凝土，製作三種長度不同的模擬地質改良樁來做實驗：
 - (一) 模擬地質改良樁的數量不同時，實驗對模擬房屋的傾斜角度和下陷深度都會影響，數量越多，影響越小。
 - (二) 當模擬地質改良樁的長度越長時，房屋的傾斜角度會越小。
 - (三) 當模擬房屋在實驗盒的泥砂上，地質改良樁的間隔距離越小時，房屋的傾斜角度會越小，下陷的也較淺。
 - (四) 當模擬地質改良樁放置在模擬地震器的時間不同時，振動的時間越長，房屋下陷的深度會越深而傾斜角度會越大。
 - (五) 當模擬房屋放置在相同條件的泥砂地上。
 1. 模擬房屋的層次不同，支架結構越高，容易傾倒。
 2. 房屋的間數越多時，越不容易傾倒。
 3. 當模擬房屋載重量越重時，下陷越深，傾斜角度也越大，甚至會傾倒。
 4. 當模擬房屋載重時，缺少中間的柱子時，房屋越容易傾倒；缺少右下角時，房屋會向右下角傾倒。

陸、參考資料

1. 《105 年度○○市○○國小老舊校舍拆除重建工程－清代遺構清理工程計畫案－遺構清理監看工程／監看報告書》。○○考古中心。
2. 《安全耐震的家－認識地震工程》。國家地震工程研究中心。

【評語】 080507

本研究藉由設計不同材質砂質疊置的方式，探討不同(數目、材質)樁的設置，是否能改善地層下陷的議題。該團隊操作眾多的實驗，包含不同材質的疊置順序與水的關係，或是樁的種類與數目，這些系統性的實驗條件設計，加上於海報時利用不同教具系統地展示相對應的結果，加上具深度的討論，以及有信心的回答各種問題，真的令人值得讚賞。

作品海報



地質改良樁

在砂質地層中穩定學校教室

壹、研究動機

暑假時，學校拆除危險教室，從挖出的溝槽中有地下水流出來。老師說：「如果發生地震就會有更多的地下水流出來，地層也會慢慢的下陷。」又說：「鄰近的學校蓋大樓，在地層間每隔一公尺有一根「地質改良樁，就是為了穩固地基地層的工程」。所以在這次的科展，我們決定研究：「地質改良樁在砂質地層中，能穩定教室的安全嗎？」

貳、研究目的

- 一、從觀察學校遺留的地質改良樁，知道它在砂質地層中穩固地質的重要性。
- 二、在透明的塑膠盒中裝入泥砂和定量的水，並插入不同數量的木條，放置在振動器上振動，觀察測量盒子底下的水上升的量。
- 三、模擬在泥砂的土地上蓋房子，當地震發生時，會不會影響房屋的安全。
- 四、利用塑膠管裝入混泥土當作模擬的地質改良樁，固定在塑膠實驗桶底部的木板上，當作地質改良樁來試試看，安置在泥砂地上的模擬支架房子，在振動後的安全性。






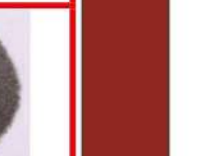
參、研究過程與結果

【研究一】學校校園前庭區的泥砂性質

（一）目的：從採集校園挖出溝槽的泥砂，觀察泥砂的顆粒、吸水性，分辨泥沙的性質。

（二）觀察結果：泥砂的特徵

本研究照片老師拍攝

顆粒大小	B 1.000~0.590	C 0.590~0.420	D 0.420~0.297	E 0.297~0.210	F 0.210~0.149	G 0.149>G
顏色						
百分比 (%)	0.75	5.53	33.94	36.04	21.44	2.29
密度 (g/mL)	2.7	2.7	2.6	2.7	2.7	2.9
吸水量 (mL)	27	26	25	24	24	23
滲水量 (mL)	73	74	75	76	76	77

（三）《討論》

圖表老師製作




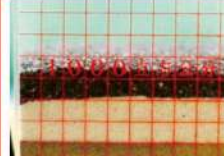









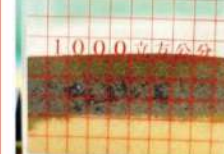

校園不同顆粒大小泥砂的吸水量都很一致約在25%；滲水量也一樣，所以下雨時，地面的水都很快滲到地下。

【研究二】模擬地震時，不同粗細的泥沙在地層中的變化

（一）目的：從操作不同粗細的泥砂在方形盒中不同層次的排列方式、振動後的變化。

（二）實驗結果：

本研究照片老師拍攝

方位編號	實驗前	實驗盒的正前方	說明	實驗盒的右側方	說明	實驗盒的左側方	說明	實驗盒的正後方
甲盒			上層黑砂向四周流動		黃砂被黑砂壓得很平整		三層泥砂間沒有滲透變化	
乙盒			白砂層的泥砂滲入黑砂層		白砂顆粒細小滲入黑砂黃砂間		震動後白砂壓入黑砂層流入黃砂層	
丙盒			上層黃砂滲入黑砂層的兩側		上層的黃砂由左右陷入黑砂		整個黃砂層大量滲到黑砂層	

（三）《討論》

- 震動後，最下層的左中右下陷的都很平均，表示受力很平均。
- 顆粒小的泥砂較容易滲透到顆粒較大的泥砂顆粒中；相反的，顆粒大的泥砂較難滲透到顆粒小的泥沙
- 震動的幅度越大，震動後的泥砂成波浪狀越明顯。

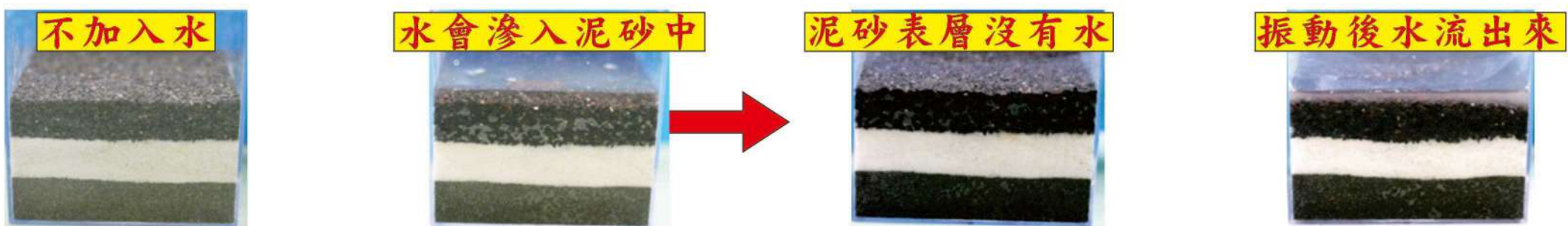
【研究三】模擬地震時，地層中的地下水和泥砂顆粒大小產生的變化

（一）目的：從操作不同粗細的泥砂在試驗透明的塑膠盒中加入300mL的水量後，模擬地震時的振動，觀察地下水和泥砂的變化。

（二）實驗結果：

本研究照片老師拍攝

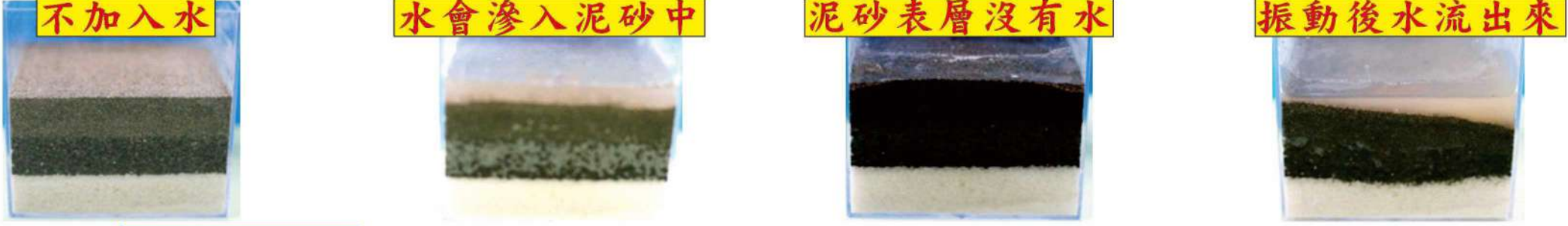
〔結果1〕泥砂排列順序為B、W、Y



〔結果2〕泥砂排列順序為W、Y、B



〔結果3〕泥砂排列順序為Y、B、W



（三）《討論》

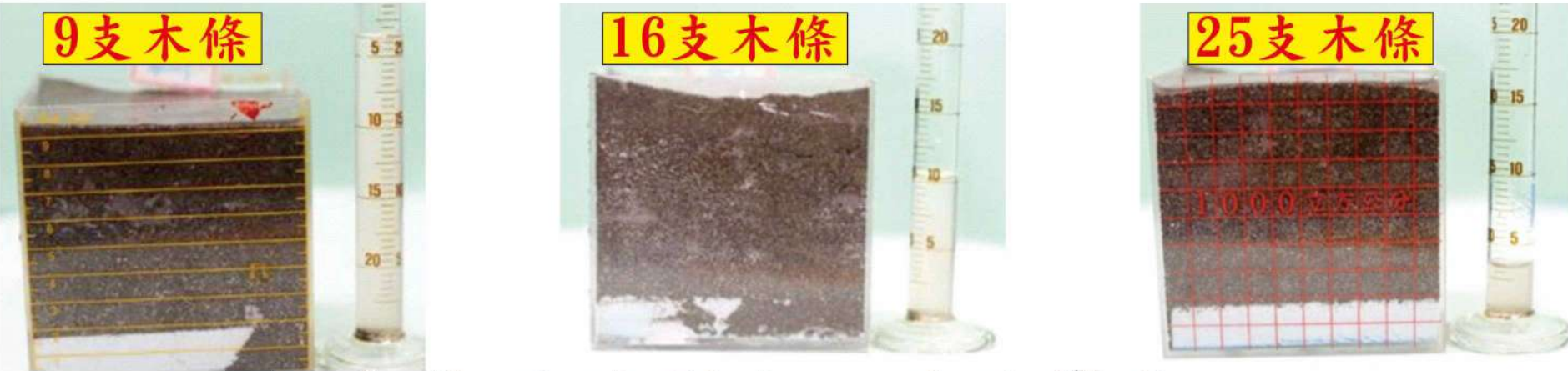
- 實驗盒中不同顆粒粗細的泥砂排列堆積，加入300mL的R0水，經過24小時的滲透後，R0水都已沉入泥砂中，均勻的混合在一起。
- 因為泥砂顆粒大小的差異，顆粒間會有些空隙，使較多細小的泥砂會下陷，填充在細縫間，使整體泥砂會下陷。
- 實驗盒中的泥砂，經過10分鐘的振動後，泥砂會下陷，而擠出細縫中的水，從泥砂的表層流出來。

【研究四】模擬地震時，在試驗盒裏的泥砂中，插入不同數量的木條對於泥砂中的地下水的影響？

（一）目的：從操作實驗盒中的泥砂插入不同數量的木條，放置在振動器上振動，觀察測量地下水上升的量。

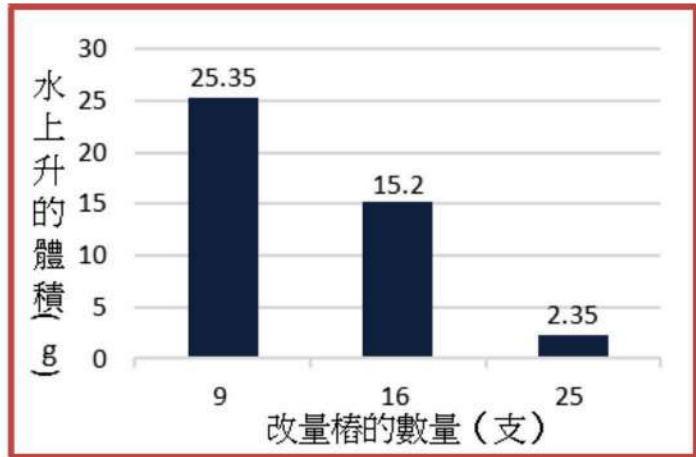
本研究照片老師拍攝

（二）操作結果：（水量可能會上升）單位：g



振動後泥砂間水上升的變化

改良樁次數	9 支	16 支	25 支
1	21.8	10.2	3.4
2	28.9	20.2	1.3
合計	50.7	30.4	4.7
平均	25.35	15.2	2.35



長條圖老師製作

（三）《討論》

- 地質改良樁的間距越小，地層下陷較不嚴重；相反的，地質改良樁的間距越大，地層下陷較深。
- 地質改良樁越密集，出水量就越少；相反的，地質改良樁越鬆散，出水量就越多。
- 實作中可以知道為什麼在學校建校舍時，學校的地層是泥砂的地層，如果沒有地質改良樁時，一旦下起大雨，地下水就會上升很高，影響房屋的安全。

【研究五】模擬在泥砂的土地上蓋房子，當地震發生時會不會影響房屋的安全。

（一）目的：利用木條當支架製作房屋的模型，放置在塑膠盒的泥砂上，利用振動器模擬地震，觀察地震時房屋支架會發生怎樣的變化？

本研究照片老師拍攝

（二）實驗方法：以三層的房屋來做實驗。

〔實驗1〕模擬房屋不載重物

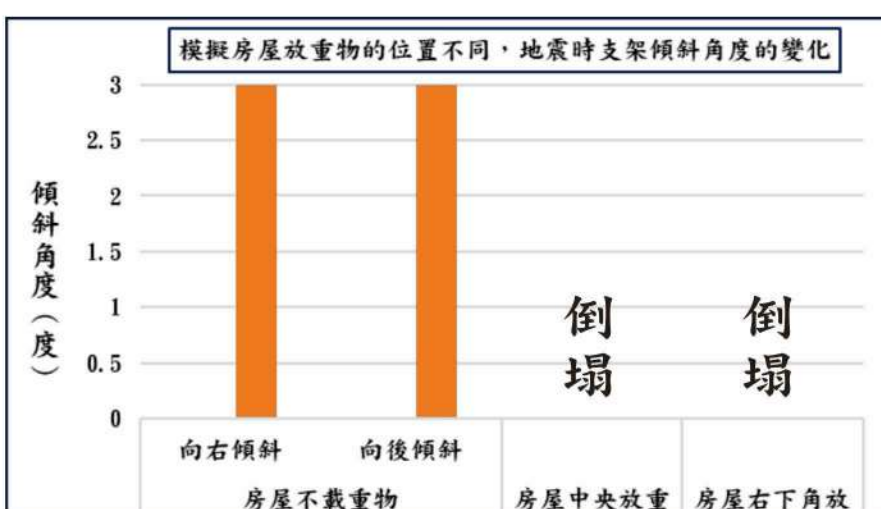
〔實驗2〕在每一層模擬房屋的中央放置重物

〔實驗3〕在每一層模擬房屋的右下角放置重物

（三）實驗結果：

長條圖老師製作

實作次數 支架變化	第一次	第二次	第三次	合計	平均
右前下陷	0.0	0.5	0.6	1.2	0.4
右後下陷	0.0	0.5	0.4	1.0	0.3
左前下陷	0.0	0.7	0.6	1.4	0.5
左後下陷	0.0	0.5	0.4	1.1	0.4
向右傾斜	3°	2°	3°	8°	3°
向後傾斜	2°	3°	2°	8°	3°



（實驗2）（實驗3）模擬房屋震動後，全部倒塌。



模擬房屋放置重物的位置不同，地震後的變化。

（四）《討論》

- 實作中模擬房屋的每一層地板上不放重物時；震動後房屋都很平穩。
- 實作中把重物分別放在地板的中央和角落，震動後房屋很快的傾斜，接著很快的倒塌。

【研究六】模擬二棟高度不同的三層房子，放置在泥砂地上，震動後會有什麼變化。

（一）目的：從操作二棟高度不同的三層樓模擬房子，放置在實驗的振動器上，振動後會有什麼變化。

（二）實驗方法：不同高度的二棟房屋支架，震動後的實驗變化



（三）實驗結果：

本研究照片老師拍攝

分組	甲組實驗房屋（高：32cm）			乙組實驗房屋（高：38cm）		
實驗次數 測量項目	實驗 1 不放重物	實驗 2 重物放在中心	實驗 3 重物放在右下角	實驗 1 不放重物	實驗 2 重物放在中心	實驗 3 重物放在右下角
1. 右前	—1.0 cm	0.0cm	過 2 分 10 秒 朝 後 方 倒 塌	過 2 分 20 秒 朝 前 方 倒 塌	過 50 秒 朝 後 方 倒 塌	過 7 秒 朝 前 方 倒 塌
2. 右後	—0.5 cm	0.0 cm				
3. 左前	—1.0 cm	—0.2 cm				
4. 左後	—0.5 cm	0.0 cm				
傾角角度 ①右側	4°	4°				
傾角角度 ②後側	5°	3°				
時間	5mins	5mins				

（四）《討論》

圖表老師製作

- 樓層不放重物：實作中發現乙棟的樓層較高，搖晃後會傾斜不倒塌，甲棟平穩。
- 樓層的中間和角落各放重物：甲樓層的高度低搖晃後會傾斜甚至倒塌；乙樓層較高約38cm，搖晃後很快就傾斜而且會往重物的地方倒塌。

【研究七】地質改良樁對泥砂地建築物的影響。

(一) 實驗器材：



不同規格的模擬地質改良樁



用木條製作的模擬房屋支架

照片老師拍攝

(二) 實驗過程：分別為下列 9 項實驗

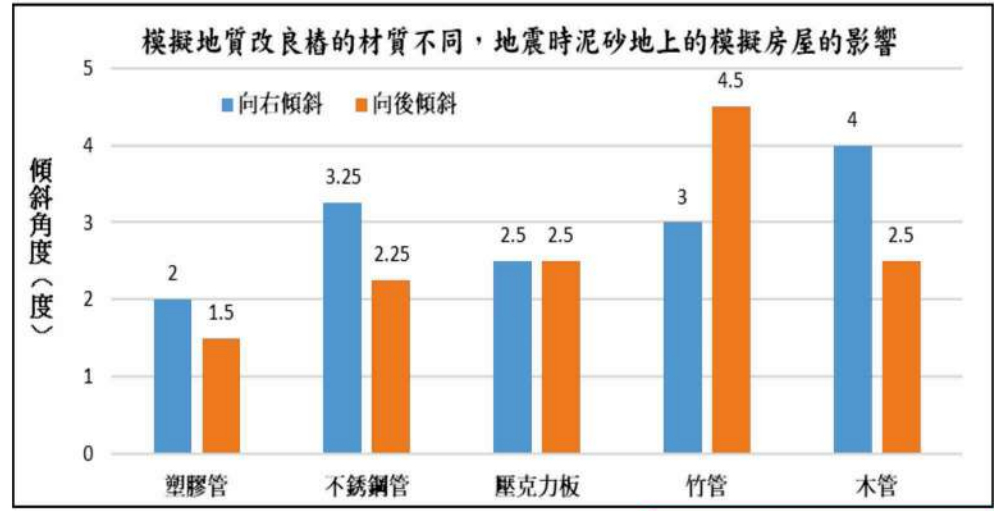
〔實驗1〕模擬地質改良樁的材質不同，對地震時泥砂地上的模擬房屋的影響。

(1) 操作方法：

本實驗照片老師拍攝



(2) 實驗結果：



不同材質的模擬地質改良樁的實作變化



(3) 《討論》

長條圖老師製作

- 利用不同材質來製作模擬地質改良樁，因為材質韌性的不同，堅硬穩固的塑膠管，壓克力管及不銹鋼管，在地層中會使房屋支架傾斜角度小，陷入泥砂中的深度淺。
- 利用竹管、木管當模擬地質改良樁，因為材質軟，所以對地層的穩定性比較弱，對泥砂上面的模擬房屋的支持力小，而使房屋支架傾斜大。

〔實驗2〕模擬地質改良樁的數量不同，對地震時泥砂地上的模擬房屋的影響。

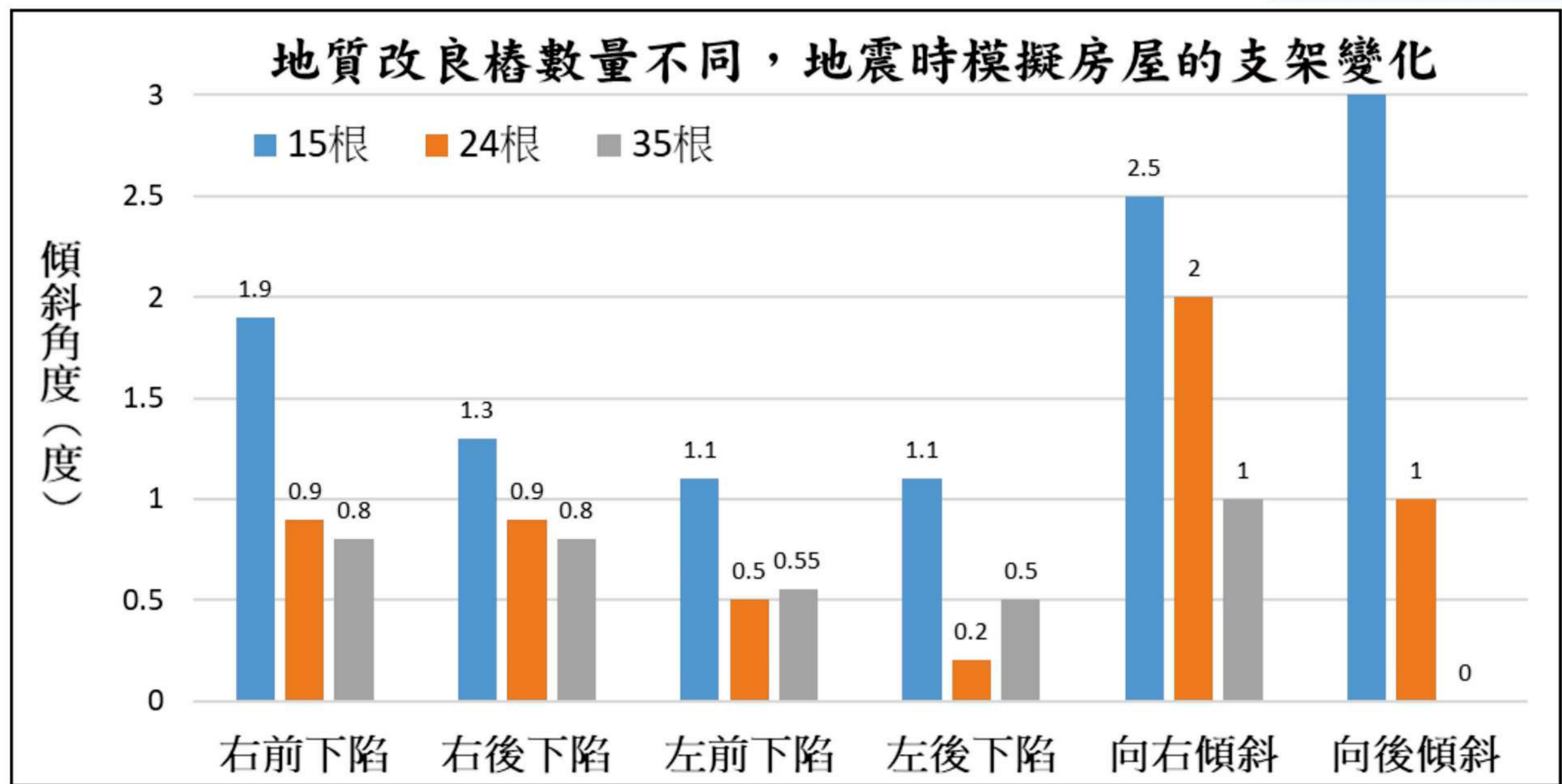
(1) 操作過程

本實驗照片老師拍攝



(2) 結果比較

長條圖老師製作



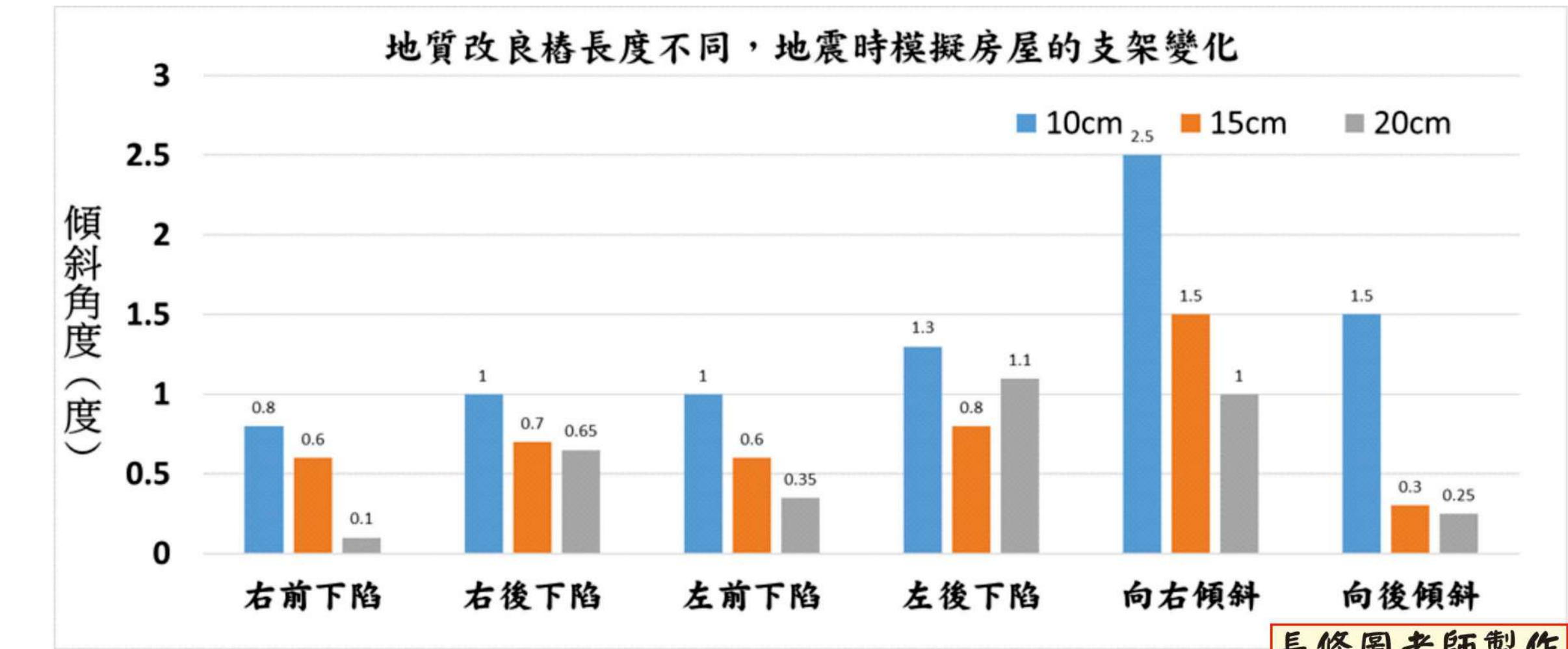
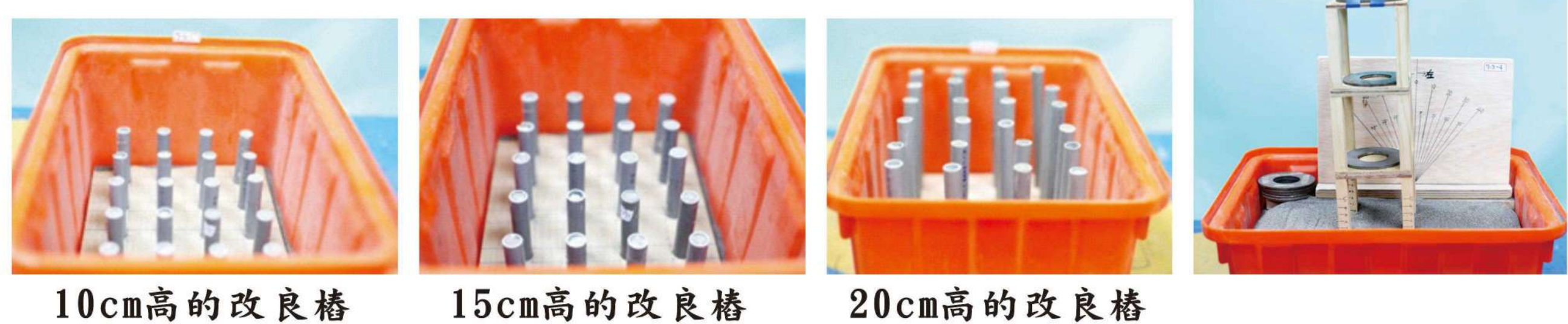
(3) 《討論》

模擬地質改良樁的數量不同時，模擬建築物為三層的獨棟房屋，每一層的中間放置150g鐵環重物，固定在地震器上震動；實作結果發現模擬地質改良樁的數量越多（35根）在實驗台上的模擬房屋底端四支腳陷入泥砂中的深度最淺；而模擬改良樁的數量越少，四支腳陷入泥砂越深，而且模擬房屋的傾斜角度也和模擬地質改良樁的數量有關，改良樁越多，傾斜角度越小；改良樁的數量越少，傾斜角度越大。

〔實驗3〕模擬地質改良樁的長度不同，對泥砂地上的模擬房屋在地震後的影響。

(1) 實作方法：

本實驗照片老師拍攝



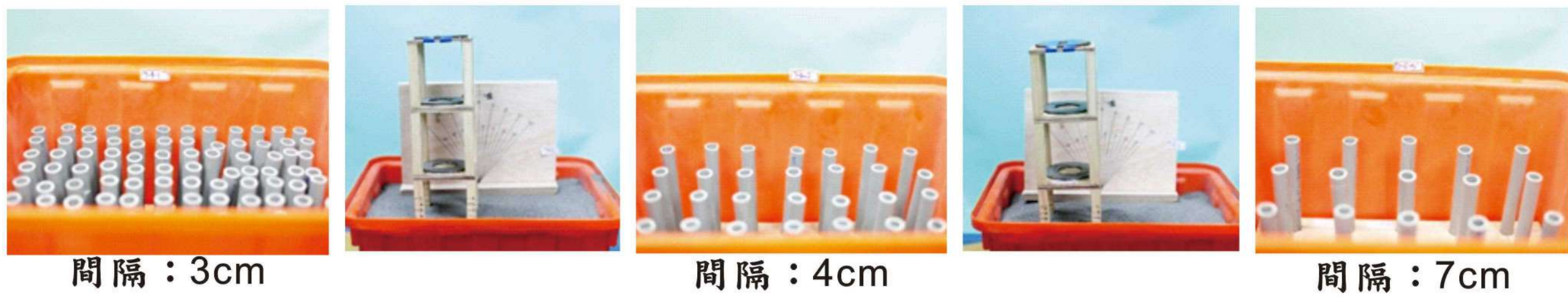
長條圖老師製作

- (2) 《討論》
- 模擬地質改良樁的長度不同，在模擬房屋的中央放置重物為150g，當地震器開始震動時，模擬房屋底端的支架會漸漸地陷入泥砂中，在5分鐘時停止振動，並測量房屋的傾斜角度，結果發現地質改良樁的長度越長，房屋傾斜角度越小；改良樁越短，房屋傾斜角度越大。

〔實驗4〕模擬地質改良樁的間隔距離不同，對泥砂上的模擬房屋在地震後的影響？

本實驗照片老師拍攝

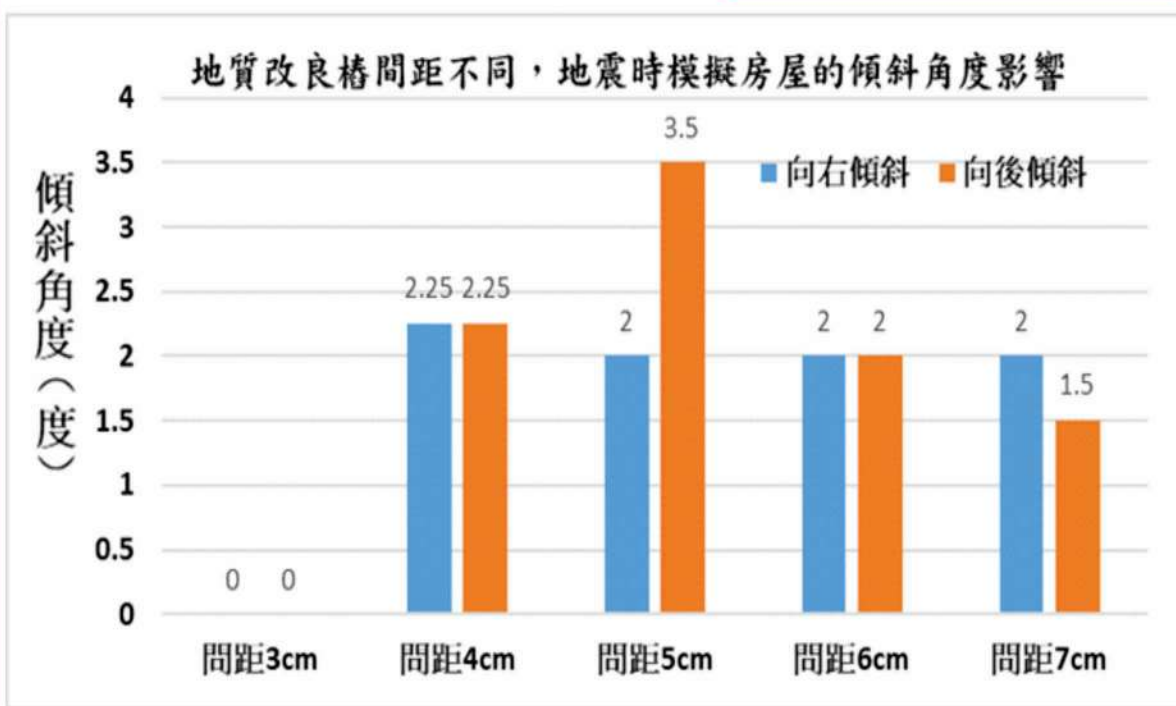
(1) 實驗過程：



(2) 結果比較

長條圖老師製作

(3) 《討論》



模擬地質改良樁的間隔距離不同，當地震台開始振動時，模擬房屋的底端支架也跟著慢慢下陷和搖動，3分鐘後發現地質改良樁的間隔距離越小，房屋下陷得淺，房屋傾斜的角度小；而間隔距離越大，下陷得深，房屋傾斜角度也比較大，但是不會很大的差別。

〔實驗5〕模擬地質改良樁注入泥泥土的塑膠管裝置在實驗盒裡，放在模擬地震器振動的時間不同，會不會影響三層樓模擬房屋陷入泥砂的深度及傾斜角度。

本實驗照片老師拍攝

(1) 操作方法：

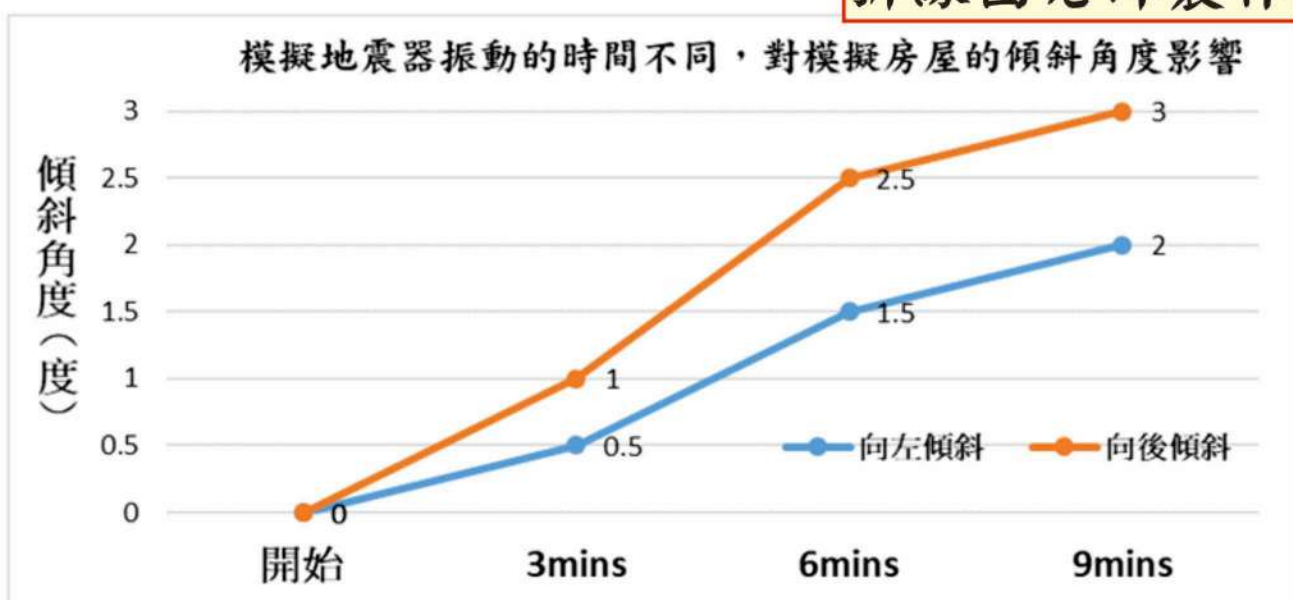


振動的時間不同，支架的傾斜角度會不同

(2) 結果比較

折線圖老師製作

振動時間	開始	3mins	6mins	9mins
1. 右前	0.0	2.2	3.1	4.0
2. 右後	0.0	2.6	3.4	4.2
3. 左前	0.0	2.2	3.0	4.0
4. 左後	0.0	2.7	3.0	3.3
向左傾斜	0.0	0.5°	1.5°	2.0°
向右傾斜	0.0	1.0°	2.5°	3.0°



(3) 《討論》

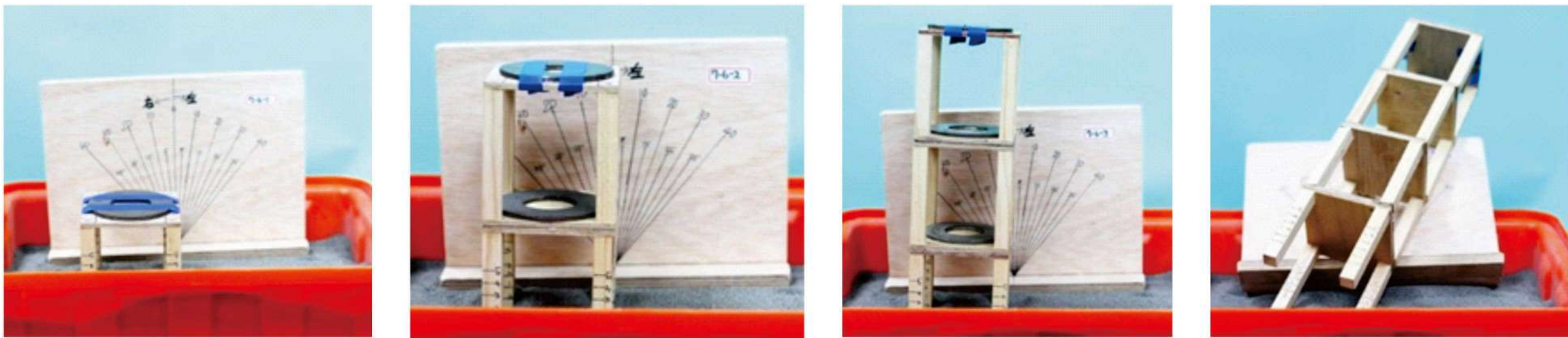
- 模擬房屋放置在實驗盒上，再固定在地震台上觀察不同的振動時間0、3、6、9分鐘時，房屋支架在實驗台上陷入泥砂的深度。
- 結果在開始的時間，四個腳都已經陷入泥砂 2cm的深度，隨著時間的拉長陷入的深度會越深，而且傾斜角度也越大。從實作中發現模擬房屋在地震台上的實驗盒會隨著地震台振動的時間陷入泥砂中越深，傾斜角度越大。

〔實驗6〕模擬房屋的層次不同的支架結構，分別放置在相同條件的地質改良樁的泥砂地上振動後，房屋支架陷入的地面的深度比較及傾斜角度的不同。

本實驗照片老師拍攝

(1) 操作過程

- 準備可以分層組合的模擬支架房屋。（一、二、三、四層相同規格尺寸的支架房屋）
- 分別在模擬支架房屋的中心放置1個鐵製墊片。
- 分別放置在條件相同的實驗盒上。（地質改良樁長：20cm）B（4×6）間隔3×4cm
- 再放置在模擬地震器上振動3mins。
- 觀察振動後的變化，房屋支架陷入泥砂多少cm？傾斜角度多少度？

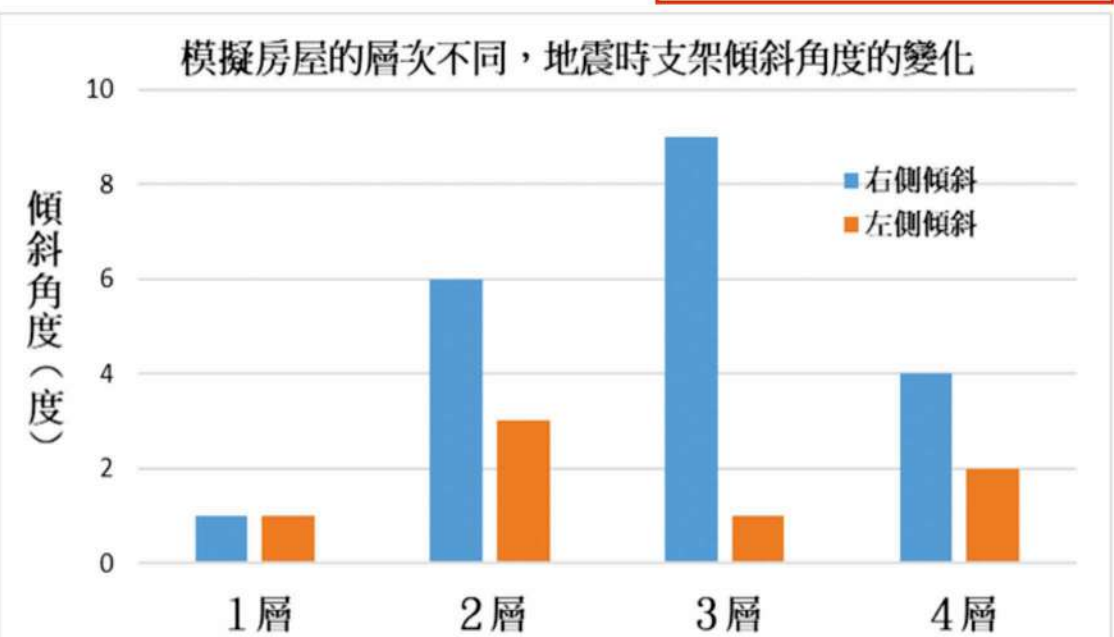


四層的模擬房屋支架 四層的模擬房屋支架 四層的模擬房屋支架 四層的模擬房屋支架

(2) 結果比較

長條圖老師製作

房屋層數	1	2	3	4
1. 右前	0.4	0.4	0.0	×
2. 右後	0.2	0.0	0.4	×
3. 左前	0.3	1.6	2.5	×
4. 左後	0.1	0.6	1.5	×
右側	前傾 1°	後傾 6°	後傾 9°	後傾 4°
左側	左傾 1°	右傾 3°	左傾 1°	左傾 2°
時間	3分	3分	3分	2分7秒傾倒



(3) 《討論》

- 不同層次的模擬房屋（一、二、三、四層），在模擬房屋的中央分別各放150g的重物，每次的實作時，分別為一層、二層、三層、四層，振動的時間為 3 分鐘，觀察不同層次的模擬房屋，在振動時，傾斜的角度和底端支架陷入泥砂的深度。
- 結果發現，四層的模擬房屋，在振動 2 分鐘就傾倒，而且一、二、三層的模擬樓房在地震時，右上腳陷入泥砂的深度會越來越深，傾斜角度也隨著層次的高度而變大。

[實驗7] 模擬房屋的間數不同，分別放置在地質改良樁的泥砂地上，振動後房屋支架的變化。

本實驗照片老師拍攝

(1) 實驗方法



(2) 結果比較



(3) 《討論》

- 獨棟的樓房，四層的房屋，也會受到地震時振動的影響，樓層越高，傾斜角度越大。
- 兩棟並列的樓房，和地面的接觸面比較大，而且房屋底端的支架多，面積大，所以在地震時，房屋的底座穩固，比較不容易倒塌。
- 從二次的實驗中知道，兩間並列的四層樓房地震時，只有微微傾斜。

[實驗8] 模擬房屋的載重量不同，對模擬房屋底部支架陷入泥砂的深度及房屋的傾斜角度的影響。

(1) 構想

- 甲、實驗的房屋：以三層的獨棟房屋為實驗樣本。
- 乙、載重量方式：分為兩種，一種為在房屋中心載重；另一種為在房屋一角載重。
- 丙、載的重量：有0g、150g、300g三項。
- 丁、實驗房屋平放在模擬地質改良樁的泥砂上。（塑膠管20cm，間隔為5cm的木板）

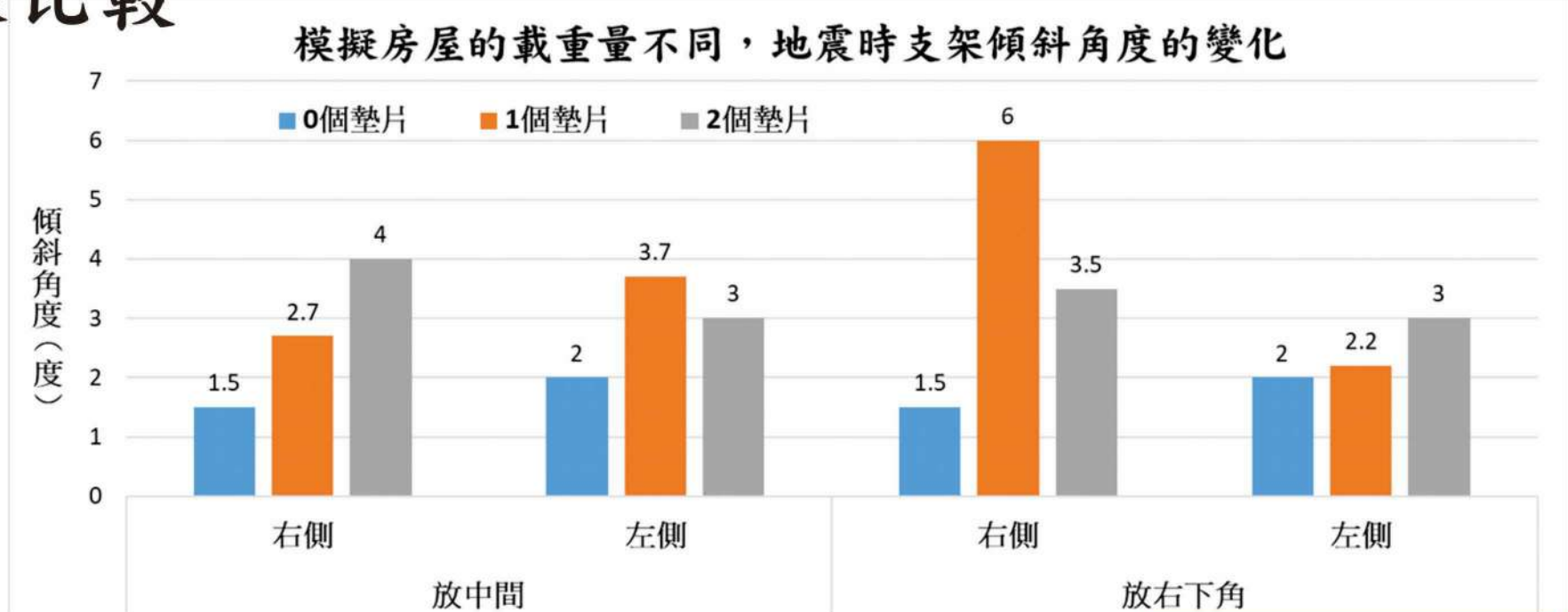
(2) 實作步驟



照片老師拍攝

把重物放在不同地方，模擬房屋在振動後的傾倒變化

(3) 結果比較



(4) 《討論》

模擬房屋為三層樓房，分別在每層房屋的地板上放置重物。當地震發生時，地板在振動，樓房底端的支架平放在裝有地質改良樁的泥砂地面，結果發現：

- 在每一層地板不放重物的樓房，底端的支架下陷的最淺，而且傾斜角度少，甚至沒有傾斜。
- 在每一層地板中間放置重物，地震時地板的振動會使樓房下陷，也會使樓房傾斜，放的重物越重，下陷得越深，樓房傾斜得越大。
- 在每一層樓房的地板的角落放置重物，重物越多越重，樓房的傾斜角度會越大，而且傾向重物的方向。

[實驗9] 模擬載重的房屋缺少一根一柱子，在模擬地質改良樁泥砂地上振動後的變化

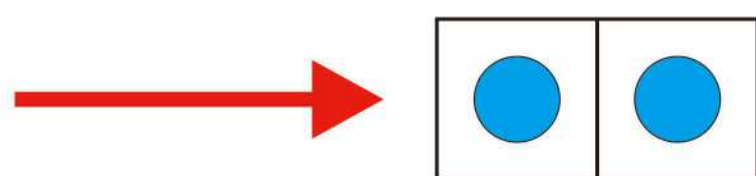
本實驗照片老師拍攝

(1) 構想

- 甲、模擬實驗的房屋：以兩間並列的四層樓為樣本。
- 乙、模擬房屋的缺少的柱子。

- 缺少中心的一根柱子。
- 缺少側邊的一根柱子。

- 丙、模擬房屋載重的位置：每一間房屋的中間



完整二間並列的四層樓房實驗

(2) 實作方法

- 〈方法1〉缺少模擬房屋中間的一根柱
- 〈方法2〉缺少模擬房屋側邊的一根柱



缺少中間的一根柱子



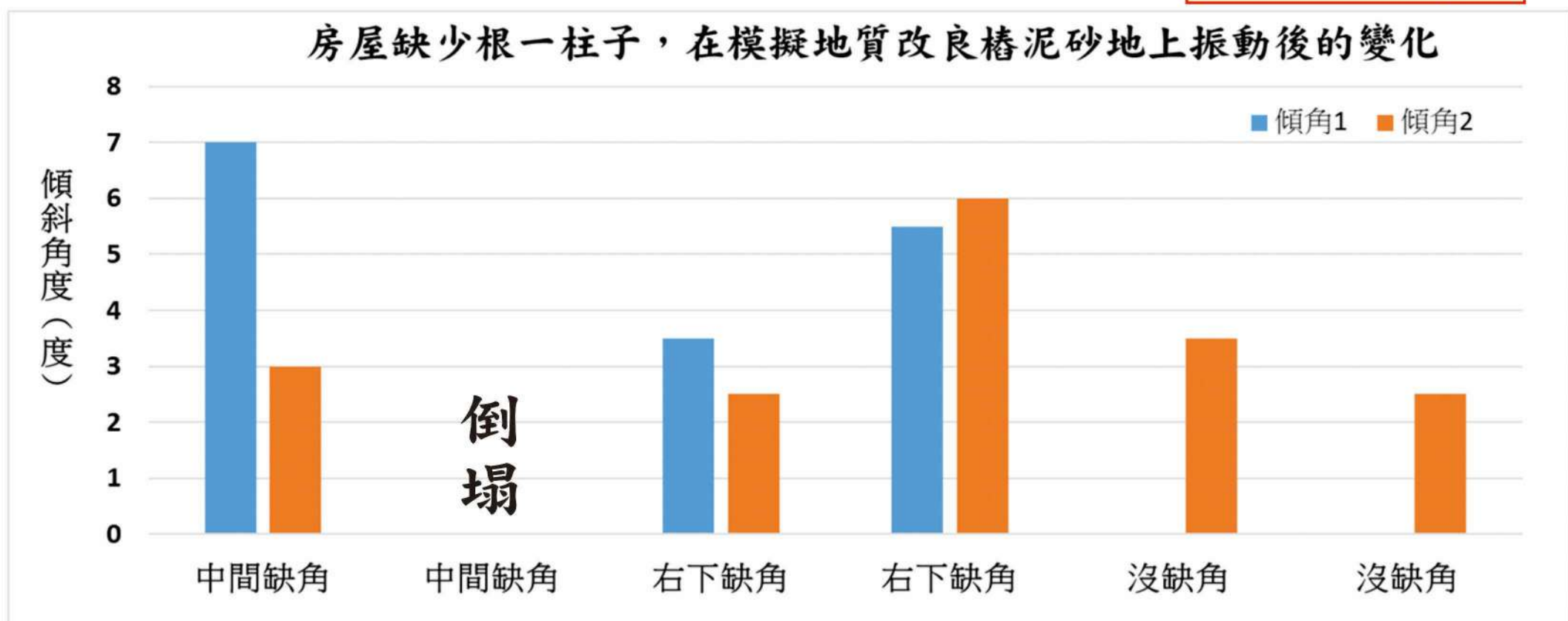
缺少側邊的一根柱子

(3) 結果

	中間缺角，重物放中間	右下缺角，重物放中間	沒缺角，重物放中間
傾角①	後傾 7°	後傾 3.5°	後傾 5.5°
傾角②	左傾 3°	右傾 2.5°	右傾 6°
時間	10secs	13.73secs	3mins 44secs
次數	①	②	①

(4) 比較

長條圖老師製作



照片老師拍攝



(5) 《討論》

模擬一棟並列的四層樓房，在每一間房屋的地板中央各放置相同的重物，實驗的〈方法1〉在模擬樓房的底層（第一層）缺少中間的一根柱子，〈方法2〉在模擬樓房的底層側邊缺少一根柱子，當實驗進行中，模擬樓房放置在裝有地質改良樁的實驗盒上，地震時，模擬大樓會振動，結果在一樓中間缺一根柱子的大樓在10~14秒內就傾倒。而大樓底端右側缺一根柱子的樓房在5分鐘內沒有倒塌，可是傾斜角度很大，在3.5~6.0°之間；大樓底端沒有缺少柱子的樓房在5分鐘內沒有向前傾斜，只是左傾2~3.5°。

肆、結論

本作品說明板海報中所有照片、圖片、統計圖表皆是指導老師拍攝製作

- 從校園裡採集不同粗細的泥砂，放在方形塑膠盒內，經過振動後，觀察不同粗細的泥砂高低起伏變化，可以推想學校地區是泥砂地層，在常常發生地震的地方，可以知道地層中的泥沙是經常發生變動的。
- 在塑膠盒插入模擬地質改良樁的木條，再裝上泥砂，並倒入定量的水，振動後盒內的水面會溢出，會減少，表示地層中插入木條會影響水量的上升。
- 在泥砂的地層上用木條模擬房屋的支架蓋房屋，當地震時，這些房屋容易下陷傾斜，甚至高層的房屋容易倒塌；表示在靠近海邊的泥砂地蓋房子，會有地層下陷的發生。
- 利用塑膠管灌入混凝土，製作三種長度不同的模擬地質改良樁來做實驗：

- （一）模擬地質改良樁的數量不同時，實驗對模擬房屋的傾斜角度和下陷深度都會影響，數量越多，影響越小。
- （二）當模擬地質改良樁的長度越長時，房屋的傾斜角度會越小。
- （三）當模擬房屋在實驗盒的泥砂上，地質改良樁的間隔距離越小時，房屋的傾斜角度會越小，下陷的也較淺。
- （四）當模擬地質改良樁放置在模擬地震器的時間不同時，振動的時間越長，房屋下陷的深度會越深而傾斜角度會越大。
- （五）當模擬房屋放置在相同條件的泥砂地上：

1. 模擬房屋的層次不同，支架結構越高，容易傾倒。
2. 房屋的間數越多時，越不容易傾倒。
3. 模擬房屋載重量越重時，下陷越深，傾斜角度也越大，甚至會傾倒。
4. 當模擬房屋載重時，缺少中間的柱子時，房屋越容易傾倒；缺少右下角時，房屋會向右下角傾倒。